

5-75 38 B
5-92 5-02

KALENDARZ DROGOWY

4771.1

w opracowaniu :

Inż. Zb. Jastrzębskiego — Inż. H. Kiepała — Inż. A. Kobylińskiego —
Inż. J. Królikowskiego — Inż. W. Maciejewicza — Inż. A. Missbacha —
Inż. K. Olpińskiego — Inż. B. Olszewskiego — Inż. E. Pawłowicza —
Inż. Dr. W. Skalmowskiego — Inż. P. Sorokowskiego — Inż. M.
Trębińskiego — Inż. S. Wyzińskiego.



WOJSKO POLSKIE
Naczelna Dowództwo Sztab Generalny
Wojsko y Instytut techniczny

WYDAWNICTWO
PODSEKCIJI DROGOWEJ
STOW. TECHNIKÓW POLSKICH W W.BRYTANI
9, SUSSEX SQUARE, LONDYN, W.2.





143 400

7444/15

PRZEDMOWA DO WYDANIA DRUGIEGO.

„Kalendarz“ niniejszy stanowi w głównej mierze przedruk „Kalendarza Drogowego“ z 1939-40 roku wydanego w Polsce przez Związek Inżynierów Drogowych R.P.

W związku ze zmianami jakie zaszły w technice drogowej w ciągu ostatnich lat, zostały przepracowane względnie dodane następujące Działy: Asfalty — w opracowaniu Inż. Zb. Jastrzębskiego, Badania i stabilizacja gruntów — Inż. K. Olpiński, Maszyny Drogowe — Inż. B. Olszewski. Ponadto rozszerzono znacznie Dział: Wzory i Tablice.

Zarząd Podsekcji Drogowej całkowicie zdaje sobie sprawę, że w ramach wydawnictwa nie uwzględniono wszystkich zagadnień związanych z postępem w technice drogowej; wydajemy Kalendarz w takim zakresie, na jaki pozwalają nam obecne specjalne warunki — z tą myślą, że wszyscy zainteresowani znajdą wiele ciekawych i cennych informacji.

Londyn, w lipcu 1946.

Zarząd Posekcji Drogowej
Stow. Techników Polskich w W. Brytanii

PRZEDMOWA.

Związek Inżynierów Drogowych pomógł chwalebny zamiar wydania „Kalendarza Drogowego“.

Jest to pierwsza próba podobnego wydawnictwa w Polsce.

Kalendarz taki, w którym oprócz właściwej części kalendarzowej umieszczone byłyby działy, podające zwięzłe, wprost w telegraficznym stylu podane wiadomości z zakresu techniki drogowej, oraz działy informacyjne, dotyczące specjalnie budownictwa drogowego w Polsce, jako podręcznik-informator winien się znaleźć w rękach każdego fachowca drogowego.

Nie jest mi wiadoma ani treść poszczególnych rozdziałów, ani sposób ujęcia i, być może, że w pierwszym roku wydawnictwa niektóre działy będą lepiej opracowane, inne gorzej co jest rzeczą nieuniknioną w wydawnictwie zbiorowym, ale łatwa do poprawienia ze względu na charakter wydawnictwa w latach następnych.

„Kalendarz Drogowy“ będzie dla fachowców tym cenny, że będzie zawierać wszelkie nowości w zakresie techniki drogowej i to zaraz po ich zjawieniu się, gdy tymczasem podręczniki obszerniejsze odzwierciedlają stan techniki drogowej w czasie ich wydania, a następne wydania, o ile mają miejsce, ukazują się w długich bardzo odstępach, podczas których fachowcy studiować postępy techniki drogowej mogą jedynie w fachowych czasopismach.

„Kalendarz Drogowy“ winien ułatwiać wypełnianie takich luk.

Niewątpliwie więc będzie „Kalendarz Drogowy“ wydawnictwem pożytecznym.

Zespolowi Redakcyjnemu, podejmującemu pożyteczną pracę, składam życzenia wytrwałości i powodzenia.

Szcześć Boże!

M. NESTOROWICZ

Warszawa, luty 1939 r.

OD WYDAWCY

W każdej dziedzinie nauki technicznej a w szczególności w dziedzinie budownictwa drogowego odczuwamy wielki niedostatek aktualnych polskich wydawnictw.

Zarząd Związku Inżynierów Drogowych R. P. wypełniając statutowe obowiązki rozpoczął pracę wydawniczą przez opracowanie „Kalendarza Drogowego na rok gospodarczy 1939/40“, uważając, że wydanie krótkiego vademecum z dziedziny drogowej powinno być pierwszym krokiem pracy w tej dziedzinie.

Kalendarz Drogowy będzie periodycznym rocznym wydawnictwem, przy czym co roku oprócz usprawnienia samego wydawnictwa będzie uzupełniana jego treść zdobyczami techniki drogowej z bieżącego roku.

Wydanie niniejsze, jako pierwsza praca tego rodzaju w Polsce z dziedziny techniki drogowej, niewątpliwie posiada usterki i braki, dlatego też prosimy Szanownych Czytelników o przesyłanie swej rzeczowej krytyki, notatek o zauważonych usterekach i brakach oraz propozycji co do uzupełnień wydawnictwa.

Wszelkie nadesłane uwagi, zaproponowane uzupełnienia oraz rzeczową krytykę wykorzystamy w następnym wydaniu.

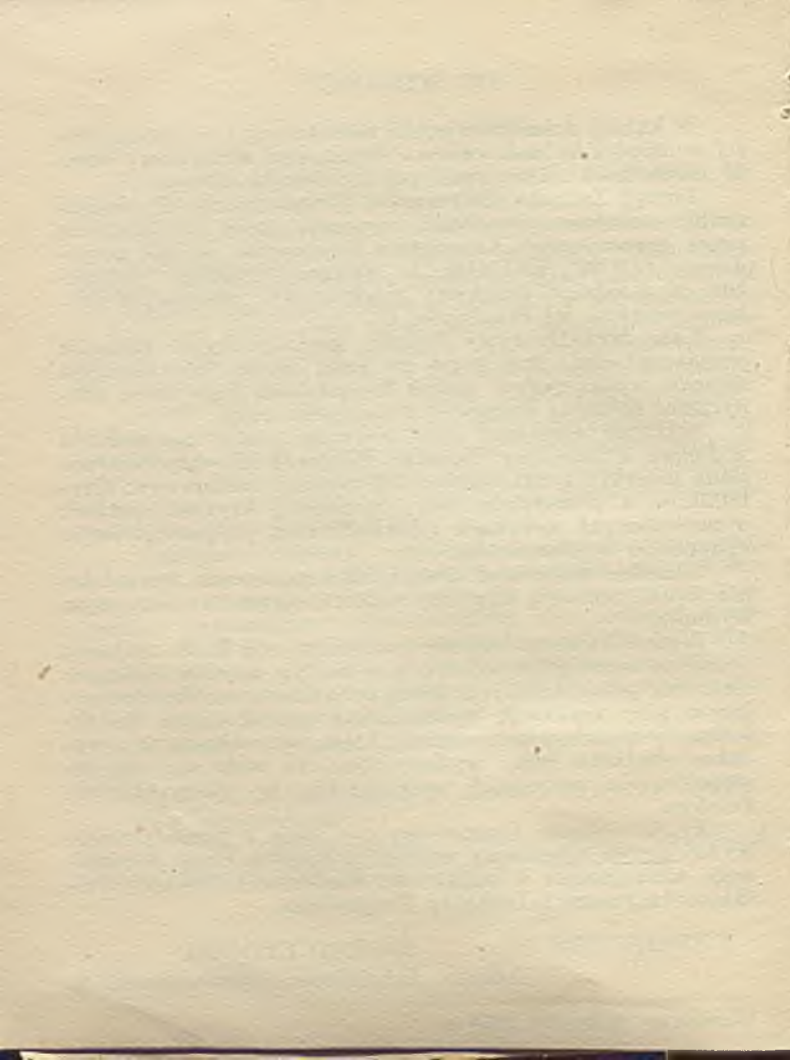
Zarząd Związku Inżynierów Drogowych R. P. czuje się w miłym obowiązku podziękować na tym miejscu Kolegom Autorom poszczególnych działów i Kolegom Współpracującym przy realizacji wydawnictwa oraz Kolegom Redaktorom za bezinteresowną pracę, która pozwoliła na tak wydatne obniżenie ceny wydawnictwa, że stało się ono dostępnym dla wszystkich pracujących w drogownictwie Polskim.

Z „Kalendarza Drogowego — jako z periodycznego wydawnictwa pragniemy uczynić z biegiem czasu niezbędnego, uzbrojonego w najnowsze wiadomości, Doradcę Polskiego Inżyniera i Technika Drogowego.

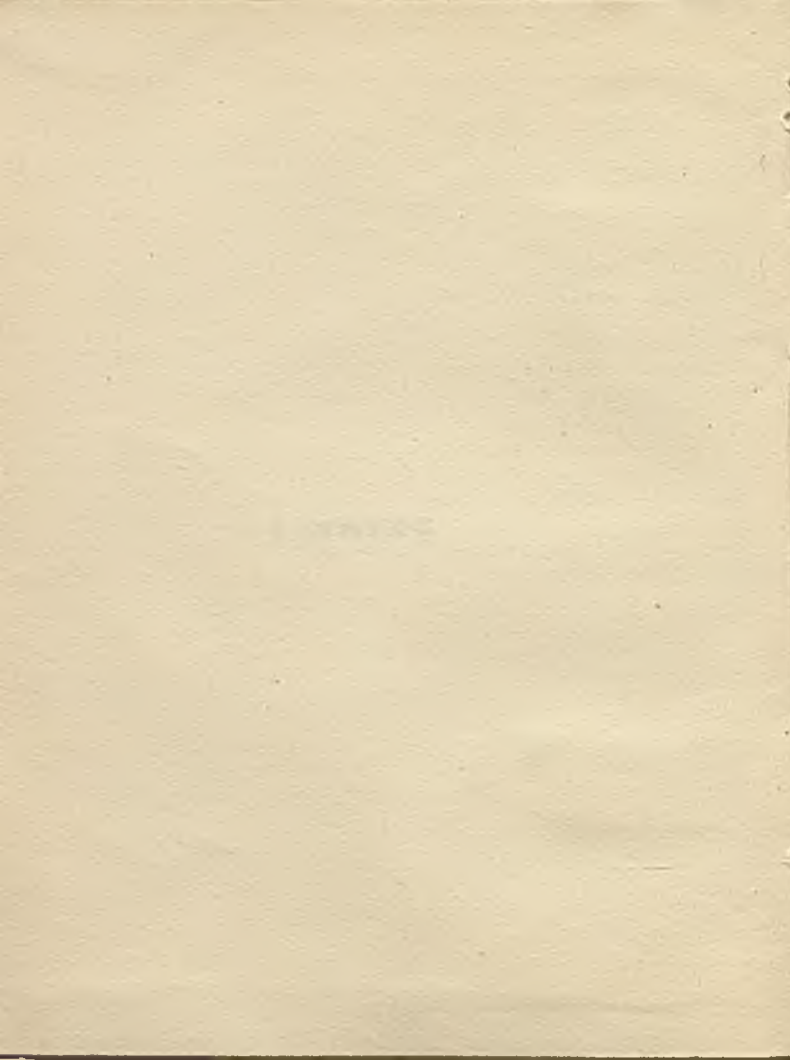
ZARZĄD GŁÓWNY

Związku Inżynierów Drogowych R. P.

Warszawa w marcu 1939 r.



DZIAŁ I



Wzory matematyczne

Wzory algebraiczne:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}; \quad a^m : a^n = a^{m-n}; \quad (ab)^n = a^n b^n; \quad (a^n)^m = a^{nm};$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n} = \left(\frac{1}{a}\right)^n; \quad \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}; \quad a^0 = 1; \quad 1^a = 1; \quad 0^a = 0;$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2; \quad (a+b)(a-b) = a^2 - b^2; \quad (a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3.$$

Dwumian Newtona:

$$(a+b)^n = a^n + \frac{n}{1} a^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2} b^2 +$$

$$+ \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3} b^3 + \dots + \frac{n}{1} a b^{n-1} + b^n$$

$$(a+b+c)^2 = a^2 + 2ab + b^2 + 2ac + 2bc + c^2$$

$$(a+b+c)^3 = a^3 + b^3 + c^3 + 3(a+b)(a+c)(b+c)$$

$$a^2 + b^2 = (a+b)(a^2 - ab + b^2); \quad a^2 - b^2 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}; \quad \left(\sqrt[n]{a}\right)^n = a; \quad \sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}; \quad \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

$$\sqrt[n]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}}; \quad \sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}; \quad \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a^2}; \quad \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a^3}; \quad \dots; \quad \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} \cdot \dots \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a^{m+n}}$$

$$\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[nm]{a} = \sqrt[m]{\sqrt[n]{a}};$$

Równanie 2-go stopnia:

$$ax^2 + bx + c = 0; \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Postęp arytmetyczny:

$$a, (a+r), (a+2r), (a+3r), \dots, [a+(n-1)r]$$

$$a_n = a + (n-1)r \text{ (n-ty wyraz postępu)}$$

$$\text{Suma } n \text{ wyrazów } S_n = \{2a + (n-1)r\} \frac{n}{2} = \frac{(a + a_n) n}{2}$$

Postęp geometryczny:

$$a, aq, aq^2, aq^3, \dots aq^{n-1}.$$

$$a_n = aq^{(n-1)}$$

$$S_n = \frac{a(q^n - 1)}{q - 1} = \frac{a(1 - q^n)}{1 - q}$$

Granica sumy postępu geometrycznego nieskończenie malejącego:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{a}{1 - q}, \text{ przy } |q| < 1.$$

Logarytmy:

$$\log(a \cdot b) = \log a + \log b; \quad \log \frac{a}{b} = \log a - \log b; \quad \log a^x = x \log a;$$

$$\log \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \log a; \quad e \text{ — zasada logarytmów naturalnych, } (\ln) = 2,71828..$$

$$\log e = 0,43429; \quad \log N = 0,4343 \ln N.$$

Wzory geometryczne

Powierzchnie figur:

$$\text{trójkąta; } P = \frac{ah}{2} = \frac{ab}{2} \sin \alpha = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)};$$

a — podstawa, b — bok, h — wysokość, α — kąt między a i b ,
 p — pół obwodu;

$$\text{prostokąta: } P = a \cdot b;$$

$$\text{równoległoboku: } P = a \cdot h = ab \cdot \sin \alpha;$$

a i b — boki, α — kąt między a i b , h — wysokość;

$$\text{trapezu: } P = (a + b) \frac{h}{2};$$

a — podstawa dolna, b — podstawa górna;

$$\text{koła: } P = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$\text{obwód koła} = 2\pi r;$$

elipsy: $P = \pi a \cdot b$;

a i b — półosie elipsy;

wycinka kołowego: $P = \frac{\alpha}{360} \pi r^2$;

α — kąt wycinka;

odcinka kołowego: $P = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi \alpha}{180} - \sin \alpha \right)$

Powierzchnie i objętości brył:

	Powierzchnia boczna	Objętość	Oznaczenia
graniastosłupa	iloczyn obwodu prostokątnego do krawędzi bocznej przez krawędź	$P \cdot h$	P — powierzchnia podstawy h — wysokość
ostrosłupa	Suma powierzchni trójkątów	$\frac{1}{3} P \cdot h$	
ostrosłupa ściętego	Suma powierzchni trapezów	$\frac{h}{3} (P + p + \sqrt{P \cdot p})$	P — powierzchnia podstawy dolnej p — powierzchnia podstawy górnej
walca	$2\pi r h$	$\pi r^2 h$	
stożka	$\pi r \sqrt{r^2 + h^2} = \pi r l$	$\frac{h}{3} \pi r^2$	l — tworząca stożka
kuli	$4\pi r^2 = 12,566 \dots r^2$	$\frac{4}{3} \pi r^3 = 0,5236 \dots d^3$	
odcinka kuli	$2\pi r h$	$\pi h^2 \left(r - \frac{h}{3} \right)$	h — wysokość odcinka
beczki w przybliżeniu		$\frac{\pi h}{12} (2D^2 + d^2)$	D — średnica największa d — średnica dolna

Wartości liczbowe częściej używane

	n	log n		n	log n
g	9,809	0,99167	$\frac{\pi}{2}$	1,57080	0,19612
$\frac{1}{g}$	0,10194	0,00838—1	$\frac{\pi}{3}$	1,04720	0,02003
\sqrt{g}	3,13193	0,49581	$\frac{4}{3}\pi$	4,18879	0,62209
e	2,71828	0,43429	$\frac{1}{\pi}$	0,31831	0,50285—1
$\frac{1}{e}$	0,367879	0,56570—1	π^2	9,86960	0,99430
$\frac{1}{\log e}$	2,30259	0,36222	$\frac{1}{\pi^2}$	0,10132	0,00570—1
π	3,14159	0,49715	$\sqrt{\pi}$	1,77245	0,24857

Tablica funkcji kołowych

	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1	0	—1
cos	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0	—1	0
tg	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0	∞
ctg	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0	∞	0

Logarytmy czterocyfrowe

P. P.

N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0331	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	27	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7

N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	7444	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	4	4

log	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
·00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
·01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
·02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
·03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
·04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·14	1390	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	15 7	1510	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1988	1991	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	1	1	1	2	2	2
·34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	2	2	2	3	3	3
·49	3090	3097	3104	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	2	2	2	3	3	3
log	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

log	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.87	7413	7430	7447	7464	7481	7499	7516	7534	7551	7568	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	2	2	3	4	5	5	6	7
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	2	2	3	4	5	5	6	7

Obwód i powierzchnia koła o średnicy n, kwadraty, sześciiany, pierwiastki kwadratowe i sześciennie liczby n

n	$n\pi$	$\frac{n^2\pi}{4}$	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
1.0	3.142	0.7854	1.00	1.000	1.0000	1.0000
1.5	4.712	1.7672	2.25	3.375	1.2247	1.1447
2.0	6.283	3.1416	4.00	8.000	1.4142	1.2599
2.5	7.854	4.9087	6.25	15.625	1.5811	1.3572
3.0	9.425	7.0686	9.00	27.000	1.7321	1.4422
3.5	10.996	9.6211	12.25	42.875	1.8708	1.5183
4.0	12.566	12.566	16.00	64.000	2.0000	1.5874
4.5	14.137	15.904	20.25	91.125	2.1213	1.6510
5.0	15.708	19.635	25.00	125.000	2.2361	1.7100
5.5	17.279	23.758	30.25	166.375	2.3452	1.7652
6.0	18.850	28.274	36.00	216.000	2.4495	1.8171
6.5	20.420	33.189	42.25	274.625	2.5495	1.8663
7.0	21.991	38.485	49.00	343.000	2.6458	1.9129
7.5	23.562	44.179	56.25	421.875	2.7386	1.9574
8.0	25.133	50.226	64.00	512.000	2.8284	2.0000
8.5	26.704	56.745	72.25	614.125	2.9155	2.0408
9.0	28.274	63.617	81.00	729.000	3.0000	2.0801
9.5	29.845	70.882	90.25	857.375	3.0822	2.1179
10.0	31.416	78.540	100.00	1000.000	3.1623	2.1544
10.5	32.987	86.590	110.25	1157.625	3.2404	2.1897
11.0	34.558	95.033	121.00	1331.000	3.3166	2.2239
11.5	36.128	103.87	132.25	1520.875	3.3912	2.2572
12.0	37.699	113.10	144.00	1728.000	3.4641	2.2894
12.5	39.270	122.72	156.25	1953.125	3.5355	2.3208
13.0	40.841	132.73	169.00	2197.000	3.6056	2.3513
13.5	42.412	143.14	182.25	2460.875	3.6742	2.3811
14.0	43.982	153.94	196.00	2744.000	3.7417	2.4101
14.5	45.553	165.13	210.25	3048.625	3.8079	2.4385
15.0	47.124	176.72	225.00	3375.000	3.8730	2.4662
15.5	48.695	188.69	240.25	3723.875	3.9370	2.4933
16.0	50.265	201.06	256.00	4096.000	4.0000	2.5198
16.5	51.836	213.83	272.25	4492.125	4.0620	2.5458
17.0	53.407	226.98	289.00	4913.000	4.1231	2.5713
17.5	54.978	240.53	306.25	5359.375	4.1833	2.5963
18.0	56.549	254.47	324.00	5832.000	4.2426	2.6207
18.5	58.119	268.80	342.25	6331.625	4.3012	2.6448
19.0	59.690	283.53	361.00	6859.000	4.3589	2.6684
19.5	61.261	298.65	380.25	7414.875	4.4159	2.6916
20.0	62.832	314.16	400.00	8000.000	4.4721	2.7144
20.5	64.403	330.06	420.25	8615.125	4.5277	2.7368
21.0	65.974	346.36	441.00	9261.000	4.5826	2.7589
21.5	67.545	363.05	462.25	9938.375	4.6368	2.7806
22.0	69.116	380.13	484.00	10648.000	4.6904	2.8021
22.5	70.687	397.60	506.25	11390.625	4.7434	2.8231
23.0	72.258	415.48	529.00	12167.000	4.7958	2.8438
23.5	73.829	433.77	552.25	12977.875	4.8477	2.8644
24.0	75.399	452.49	576.00	13824.000	4.8990	2.8848
24.5	76.970	471.64	600.25	14706.125	4.9497	2.9049



n	$n\pi$	$\frac{n^2\pi}{4}$	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
25.0	78.540	490.87	625.00	15625.000	5.0000	2.9241
25.5	80.111	510.71	650.25	16581.375	5.0497	2.9434
26.0	81.681	530.93	676.00	17576.000	5.0990	2.9624
26.5	83.252	551.55	702.25	18609.625	5.1478	2.9814
27.0	84.823	572.66	729.00	19683.000	5.1962	3.0000
27.5	86.394	593.96	756.25	20796.875	5.2440	3.0184
28.0	87.965	615.75	784.00	21952.000	5.2915	3.0366
28.5	89.535	637.91	812.25	23149.125	5.3385	3.0540
29.0	91.106	660.52	841.00	24389.000	5.3852	3.0723
29.5	92.677	683.49	870.25	25672.375	5.4313	3.0899
30.0	94.248	706.86	900.00	27000.000	5.4772	3.1072
30.5	95.819	730.62	930.25	28372.625	5.5226	3.1244
31.0	97.390	754.77	961.00	29791.000	5.5678	3.1414
31.5	98.960	779.31	992.25	31255.875	5.6124	3.1582
32.0	100.53	804.25	1024.00	32768.000	5.6569	3.1748
32.5	102.10	829.58	1056.25	34328.125	5.7008	3.1913
33.0	103.67	855.30	1089.00	35937.000	5.7446	3.2075
33.5	105.24	881.41	1122.25	37595.375	5.7879	3.2237
34.0	106.81	907.92	1156.00	39304.000	5.8310	3.2396
34.5	108.38	934.82	1190.25	41063.625	5.8736	3.2554
35.0	109.96	962.11	1225.00	42875.000	5.9161	3.2710
35.5	111.53	989.80	1260.25	44738.875	5.9581	3.2866
36.0	113.10	1017.88	1296.00	46656.000	6.0000	3.3019
36.5	114.67	1046.35	1332.25	48627.125	6.0415	3.3171
37.0	116.24	1075.21	1369.00	50653.000	6.0827	3.3322
37.5	117.81	1104.47	1406.25	52734.375	6.1237	3.3472
38.0	119.38	1134.11	1444.00	54872.000	6.1641	3.3620
38.5	120.96	1164.16	1482.25	57066.625	6.2048	3.3767
39.0	122.52	1194.59	1521.00	59319.000	6.2450	3.3912
39.5	124.09	1225.42	1560.25	61629.875	6.2849	3.4056
40.0	125.66	1256.64	1600.00	64000.000	6.3245	3.4200
40.5	127.23	1288.25	1640.25	66430.125	6.3639	3.4341
41.0	128.81	1320.25	1681.00	68921.000	6.4031	3.4482
41.5	130.38	1352.65	1722.25	71473.375	6.4421	3.4622
42.0	131.95	1385.44	1764.00	74088.000	6.4807	3.4760
42.5	133.52	1418.63	1806.25	76765.625	6.5192	3.4898
43.0	135.09	1452.20	1849.00	79507.000	6.5574	3.5031
43.5	136.66	1486.17	1892.25	82312.875	6.5954	3.5169
44.0	138.23	1520.53	1936.00	85184.000	6.6333	3.5303
44.5	139.80	1555.28	1980.25	88121.125	6.6708	3.5437
45.0	141.37	1590.43	2025.00	91125.000	6.7082	3.5569
45.5	142.94	1625.97	2070.25	94196.375	6.7454	3.5700
46.0	144.51	1661.90	2116.00	97336.000	6.7823	3.5830
46.5	146.08	1698.23	2162.25	100544.625	6.8191	3.5960
47.0	147.65	1734.94	2209.00	103823.000	6.8556	3.6088
47.5	149.23	1772.05	2256.25	107171.875	6.8920	3.6216
48.0	150.80	1809.56	2304.00	110592.000	6.9282	3.6342
48.5	152.37	1847.45	2352.25	114084.125	6.9642	3.6468
49.0	153.94	1885.74	2401.00	117649.000	7.0000	3.6593
49.5	155.51	1924.42	2450.25	121287.375	7.0356	3.6717
50.0	157.08	1963.50	2500.00	125000.000	7.0711	3.6840

n	$n\pi$	$\frac{n^2\pi}{4}$	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
51.0	160.22	2042.82	2601.00	132651.000	7.1414	3.7084
52.0	163.36	2123.72	2704.00	146608.000	7.2111	3.7325
53.0	166.50	2206.19	2809.00	148877.000	7.2801	3.7663
54.0	169.64	2290.22	2916.00	157464.000	7.3485	3.7798
55.0	172.78	2375.83	3025.00	165375.000	7.4162	3.8030
56.0	175.93	2463.01	3136.00	175616.000	7.4833	3.8259
57.0	179.07	2551.76	3249.00	185193.000	7.5498	3.8485
58.0	182.21	2642.08	3364.00	195112.000	7.6158	3.8709
59.0	185.35	2733.97	3481.00	205379.000	7.6811	3.8930
60.0	188.49	2827.44	3600.00	216000.000	7.7460	3.9149
61.0	191.63	2922.47	3721.00	226981.000	7.8102	3.9365
62.0	194.77	3019.07	3844.00	238328.000	7.8740	3.9579
63.0	197.92	3117.25	3969.00	250047.000	7.9373	3.9791
64.0	201.06	3216.99	4096.00	262144.000	8.0000	4.0000
65.0	204.20	3318.31	4225.00	274625.000	8.0623	4.0207
66.0	207.34	3421.20	4356.00	287466.000	8.1240	4.0412
67.0	210.48	3525.66	4489.00	300763.000	8.1854	4.0615
68.0	213.63	3631.69	4624.00	314432.000	8.2462	4.0817
69.0	216.77	3739.29	4761.00	328509.000	8.3066	4.1016
70.0	219.91	3848.46	4900.00	343000.000	8.3666	4.1213
71.0	223.05	3959.20	5041.00	357911.000	8.4261	4.1408
72.0	226.19	4071.51	5184.00	373248.000	8.4853	4.1602
73.0	229.33	4185.39	5329.00	389017.000	8.5440	4.1793
74.0	232.47	4300.85	5476.00	405224.000	8.6023	4.1983
75.0	235.62	4417.87	5625.00	421875.000	8.6603	4.2172
76.0	238.76	4536.47	5776.00	438976.000	8.7178	4.2358
77.0	241.90	4656.63	5929.00	456533.000	8.7750	4.2543
78.0	245.04	4778.37	6084.00	474552.000	8.8318	4.2727
79.0	248.18	4901.68	6241.00	493039.000	8.8882	4.2908
80.0	251.32	5026.56	6400.00	512060.000	8.9443	4.3089
81.0	254.47	5153.01	6561.00	531441.000	9.0000	4.3267
82.0	257.61	5281.03	6724.00	551368.000	9.0554	4.3445
83.0	260.75	5410.62	6889.00	571787.000	9.1104	4.3621
84.0	263.89	5541.78	7056.00	592704.000	9.1652	4.3795
85.0	267.03	5674.50	7225.00	614125.000	9.2195	4.3968
86.0	270.17	5808.81	7396.00	636056.000	9.2736	4.4140
87.0	273.32	5944.69	7569.00	658503.000	9.3274	4.4310
88.0	276.46	6082.13	7744.00	681472.000	9.3808	4.4480
89.0	279.60	6221.13	7921.00	704969.000	9.4340	4.4647
90.0	282.74	6361.74	8100.00	729000.000	9.4868	4.4814
91.0	285.88	6503.89	8281.00	753571.000	9.5394	4.4979
92.0	289.02	6647.62	8464.00	778688.000	9.5917	4.5144
93.0	292.17	6792.92	8649.00	804357.000	9.6437	4.5307
94.0	295.31	6939.78	8836.00	830584.000	9.6954	4.5468
95.0	298.45	7088.23	9025.00	857375.000	9.7468	4.5629
96.0	301.59	7238.24	9216.00	884736.000	9.7980	4.5789
97.0	304.73	7389.83	9409.00	912673.000	9.8489	4.5947
98.0	307.87	7542.98	9604.00	941192.000	9.8995	4.6104
99.0	311.02	7697.68	9801.00	970299.000	9.9499	4.6261
100.0	314.16	7854.00	10000.00	1000000.000	10.0000	4.6416

ELEMENTY KOŁA.

Łączny stopień	Długość łuku	Strzałka łuku	Długość cięwy	Pole odcięta kołowego	Kąt środkowy stopień	Długość łuku	Strzałka łuku	Długość cięwy	Pole odcięta kołowego
1	0,0175	0,0000	0,0175	0,00000	46	0,8219	0,0795	0,7815	0,04176
2	0,0349	0,0002	0,0349	0,00000	47	0,8202	0,0829	0,7795	0,04448
3	0,0524	0,0003	0,0524	0,00001	48	0,8177	0,0865	0,7755	0,04731
4	0,0698	0,0006	0,0698	0,00003	49	0,8152	0,0900	0,7715	0,05025
5	0,0873	0,0010	0,0872	0,00006	50	0,8127	0,0937	0,7675	0,05332
6	0,1047	0,0014	0,1047	0,00010	51	0,8101	0,0974	0,7630	0,05649
7	0,1221	0,0019	0,1221	0,00015	52	0,8076	0,1012	0,7587	0,05978
8	0,1396	0,0024	0,1395	0,00023	53	0,8050	0,1051	0,7544	0,06319
9	0,1571	0,0031	0,1569	0,00032	54	0,8025	0,1090	0,7500	0,06667
10	0,1745	0,0038	0,1743	0,00044	55	0,8000	0,1130	0,7455	0,07039
11	0,1920	0,0046	0,1917	0,00059	56	0,7974	0,1171	0,7410	0,07427
12	0,2094	0,0055	0,2091	0,00076	57	0,7949	0,1212	0,7365	0,07828
13	0,2269	0,0064	0,2266	0,00097	58	1,0123	0,1254	0,7320	0,08242
14	0,2443	0,0075	0,2437	0,00121	59	1,0197	0,1296	0,7275	0,08669
15	0,2618	0,0086	0,2611	0,00149	60	1,0272	0,1340	1,0000	0,09099
16	0,2793	0,0097	0,2783	0,00181	61	1,0347	0,1384	1,0151	0,09530
17	0,2967	0,0110	0,2956	0,00217	62	1,0422	0,1428	1,0301	0,09958
18	0,3142	0,0123	0,3129	0,00257	63	1,0496	0,1474	1,0450	0,10428
19	0,3316	0,0137	0,3301	0,00302	64	1,0570	0,1520	1,0598	0,10921
20	0,3491	0,0152	0,3473	0,00352	65	1,0645	0,1566	1,0746	0,11420
21	0,3665	0,0167	0,3645	0,00408	66	1,0721	0,1613	1,0893	0,11939
22	0,3840	0,0184	0,3816	0,00468	67	1,0796	0,1662	1,1039	0,12445
23	0,4014	0,0201	0,3987	0,00535	68	1,0872	0,1710	1,1184	0,12988
24	0,4189	0,0219	0,4158	0,00607	69	1,0949	0,1759	1,1328	0,13535
25	0,4363	0,0237	0,4329	0,00686	70	1,1027	0,1808	1,1472	0,14100
26	0,4538	0,0256	0,4499	0,00771	71	1,1105	0,1859	1,1614	0,14683
27	0,4712	0,0276	0,4669	0,00862	72	1,1182	0,1910	1,1756	0,15279
28	0,4887	0,0297	0,4838	0,00961	73	1,1261	0,1962	1,1896	0,15889
29	0,5062	0,0319	0,5008	0,01067	74	1,1341	0,2014	1,2036	0,16514
30	0,5236	0,0341	0,5176	0,01180	75	1,1420	0,2066	1,2175	0,17154
31	0,5411	0,0364	0,5345	0,01301	76	1,1499	0,2120	1,2313	0,17808
32	0,5585	0,0387	0,5512	0,01429	77	1,1579	0,2174	1,2450	0,18477
33	0,5760	0,0412	0,5680	0,01566	78	1,1658	0,2229	1,2586	0,19160
34	0,5934	0,0437	0,5847	0,01711	79	1,1738	0,2284	1,2722	0,19859
35	0,6109	0,0463	0,6014	0,01864	80	1,1817	0,2340	1,2856	0,20573
36	0,6283	0,0489	0,6180	0,02027	81	1,1897	0,2396	1,2989	0,21302
37	0,6458	0,0517	0,6346	0,02198	82	1,1977	0,2453	1,3122	0,22045
38	0,6632	0,0545	0,6511	0,02378	83	1,2057	0,2510	1,3252	0,22804
39	0,6807	0,0574	0,6676	0,02568	84	1,2137	0,2567	1,3383	0,23578
40	0,6981	0,0603	0,6840	0,02767	85	1,2217	0,2627	1,3512	0,24367
41	0,7156	0,0633	0,7004	0,02976	86	1,2297	0,2686	1,3640	0,25171
42	0,7330	0,0664	0,7167	0,03195	87	1,2377	0,2746	1,3767	0,25990
43	0,7505	0,0696	0,7330	0,03423	88	1,2457	0,2807	1,3893	0,26825
44	0,7679	0,0728	0,7492	0,03664	89	1,2537	0,2867	1,4018	0,27675
45	0,7854	0,0761	0,7654	0,03915	90	1,2617	0,2929	1,4142	0,28540

ELEMENTY KOŁA.

Kąt środkowy stopni	Długość łuku	Strzałka łuku	Długość cięciwy	Pole odcięcia kołowego	Kąt środkowy stopni	Długość łuku	Strzałka łuku	Długość cięciwy	Pole odcięcia kołowego
91	2,5882	0,2991	1,4265	0,29420	136	2,3736	0,6254	1,8544	0,83949
92	2,6057	0,3053	1,4387	0,30316	137	2,3911	0,6335	1,8608	0,84555
93	2,6232	0,3116	1,4507	0,31226	138	2,4086	0,6416	1,8672	0,85171
94	2,6406	0,3180	1,4627	0,32152	139	2,4260	0,6498	1,8733	0,85797
95	2,6580	0,3244	1,4746	0,33093	140	2,4435	0,6580	1,8794	0,86434
96	2,6755	0,3309	1,4863	0,34050	141	2,4609	0,6664	1,8853	0,87080
97	2,6930	0,3374	1,4979	0,35021	142	2,4784	0,6744	1,8910	0,87735
98	2,7104	0,3439	1,5094	0,36008	143	2,4958	0,6827	1,8966	0,88400
99	2,7279	0,3506	1,5208	0,37009	144	2,5133	0,6910	1,9021	0,89074
100	2,7453	0,3572	1,5322	0,38026	145	2,5307	0,6992	1,9074	0,89758
101	2,7628	0,3639	1,5434	0,39058	146	2,5482	0,7076	1,9126	0,90449
102	2,7802	0,3707	1,5543	0,40104	147	2,5656	0,7160	1,9176	0,91150
103	2,7977	0,3775	1,5652	0,41166	148	2,5830	0,7244	1,9225	0,91858
104	2,8152	0,3843	1,5760	0,42242	149	2,6005	0,7328	1,9273	0,92575
105	2,8326	0,3912	1,5867	0,43333	150	2,6180	0,7412	1,9319	0,93300
106	2,8500	0,3982	1,5973	0,44439	151	2,6354	0,7496	1,9363	0,94032
107	2,8675	0,4052	1,6077	0,45560	152	2,6529	0,7581	1,9406	0,94771
108	2,8850	0,4122	1,6180	0,46695	153	2,6704	0,7666	1,9447	0,95518
109	2,9024	0,4193	1,6282	0,47844	154	2,6878	0,7750	1,9487	0,96272
110	2,9199	0,4264	1,6383	0,49008	155	2,7053	0,7835	1,9526	0,97033
111	2,9373	0,4336	1,6483	0,50187	156	2,7227	0,7921	1,9563	0,97800
112	2,9548	0,4408	1,6582	0,51379	157	2,7402	0,8006	1,9598	0,98574
113	2,9722	0,4481	1,6678	0,52586	158	2,7576	0,8092	1,9633	0,99354
114	2,9897	0,4554	1,6773	0,53807	159	2,7751	0,8178	1,9665	1,00140
115	2,0071	0,4627	1,6868	0,55042	160	2,7925	0,8264	1,9696	1,00932
116	2,0246	0,4701	1,6962	0,56289	161	2,8100	0,8350	1,9726	1,01731
117	2,0420	0,4775	1,7053	0,57551	162	2,8274	0,8436	1,9754	1,02537
118	2,0595	0,4850	1,7143	0,58827	163	2,8449	0,8522	1,9780	1,03350
119	2,0769	0,4925	1,7233	0,60116	164	2,8623	0,8608	1,9805	1,04170
120	2,0944	0,5000	1,7322	0,61418	165	2,8798	0,8695	1,9829	1,05000
121	2,1118	0,5076	1,7407	0,62736	166	2,8972	0,8781	1,9851	1,05840
122	2,1293	0,5152	1,7492	0,64063	167	2,9147	0,8868	1,9872	1,06690
123	2,1468	0,5228	1,7575	0,65404	168	2,9322	0,8955	1,9890	1,07550
124	2,1642	0,5305	1,7659	0,66759	169	2,9496	0,9042	1,9905	1,08420
125	2,1817	0,5383	1,7740	0,68125	170	2,9671	0,9128	1,9919	1,09300
126	2,1991	0,5460	1,7820	0,69505	171	2,9845	0,9215	1,9933	1,10190
127	2,2166	0,5538	1,7899	0,70897	172	3,0020	0,9302	1,9951	1,11090
128	2,2340	0,5616	1,7976	0,72301	173	3,0194	0,9390	1,9963	1,12000
129	2,2515	0,5695	1,8052	0,73716	174	3,0369	0,9477	1,9973	1,12920
130	2,2689	0,5774	1,8126	0,75144	175	3,0543	0,9564	1,9981	1,13850
131	2,2864	0,5853	1,8200	0,76584	176	3,0718	0,9651	1,9988	1,14790
132	2,3038	0,5933	1,8271	0,78034	177	3,0892	0,9738	1,9993	1,15740
133	2,3213	0,6013	1,8341	0,79497	178	3,1067	0,9825	1,9997	1,16700
134	2,3387	0,6093	1,8410	0,80970	179	3,1241	0,9913	1,9999	1,17670
135	2,3562	0,6173	1,8478	0,82454	180	3,1416	1,0000	2,0000	1,18650

JEDNOSTKI

DŁUGOŚCI:

metr (m)	
decymetr (dcm)	= 0,1 m
centymetr (cm)	= 0,01 m
milimetr (mm)	= 0,001 m
mikron (μ)	= 0,001 mm = 0,000001 m
milimikron (m^{μ})	= 0,000001 mm
Ångström (Å)	= 10^{-10} m = 10^{-7} mm = 0,0001 μ

OBJĘTOŚCI:

kilolitr (kl)	= 1000 litrów = 1 m ³
hektolitr (hl)	= 100 litrów
litr (l)	= 1 dm ³ = 1000 cm ³
decylitr (dcl)	= 0,1 l
centylitr (cl)	= 0,01 l
mililitr (ml)	= 0,001 l

MASY:

tona (t)	= 1000 kilogramów (kg) = masa 1 m ³ wody
kwintal	= 100 kg
kilogram (kg)	= 1000 gramów (g)
decygram (dcg)	= 0,1 g
centygram (cg)	= 0,01 g
miligram (mg)	= 0,001 g
1 gamma (γ)	= 0,001 mg

CIŚNIENIA:

1 atmosfera metryczna (techniczna) (at)	= 1 kg/cm ² = 735,53 mm Hg w 0°
1 atmosfera fizyczna (Atm)	= 1,0333 kg/cm ² = 760 mm Hg w 0°
1 at.	= 14,223 funta ang./ang cal ²
1 Atm	= 1,01325 Megabarów
1 Megabar	= 10 ⁶ Barów = 750,06 mm Hg

JEDNOSTKI ENERGII I MOCY

Nazwa jednostki	Erg	Joule międzynarod. = Watt. sek.	Kilowat- godzina	Kaloria gramowa	Litro- atmosfera	Kilogra- mometr	Koń mechan. godz.
1 erg (e)	1	$0,9995 \cdot 10^{-7}$	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$2,389 \cdot 10^{-4}$	$9,868 \cdot 10^{-10}$	$1,0198 \cdot 10^{-4}$	$3,78 \cdot 10^{-11}$
1 joule międzynarod. (J) 1 watt sek.	$1,0005 \cdot 10^7$	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	0,2390	$9,872 \cdot 10^{-3}$	0,10203	$3,78 \cdot 10^{-7}$
1 kilowat-godzina (kWh)	$3,6 \cdot 10^{13}$	$3,6 \cdot 10^6$	1	$8,600 \cdot 10^1$	35532	$3,67 \cdot 10^3$	1,36
1 kaloria gramowa (kcal)	$4,186 \cdot 10^7$	4,184	$1,1673 \cdot 10^{-6}$	1	$4,130 \cdot 10^{-2}$	0,4269	$1,581 \cdot 10^{-6}$
1 litro-atmosfera	$1,0133 \cdot 10^9$	$1,013 \cdot 10^9$	$2,81 \cdot 10^{-6}$	24,206	1	10,333	$3,83 \cdot 10^{-3}$
1 kilogramometr (kGm)	$9,806 \cdot 10^7$	9,801	$2,72 \cdot 10^{-6}$	2,3425	$9,678 \cdot 10^{-3}$	1	$3,7 \cdot 10^{-6}$
1 koń mechan. godz. (KMh)	$2,65 \cdot 10^{10}$	$2,65 \cdot 10^3$	0,7361	$6,324 \cdot 10^3$	26130	$2,7 \cdot 10^3$	1

JEDNOSTKI ELEKTRYCZNOŚCI PRAKTYCZNE

Nazwa	Skrót	Wielkość fizyczna	Symbol	Wart w jednost.		Wymiar w układzie		Zależności wzajemne
				el. stat. C. G. S.	el. magn. C.G.S.	el. stat. C. G. S.	el. magn. C. G. S.	
Kulomb	C	Ilość elektryczności (ładunek)	Q	$3 \cdot 10^{11}$	10^{-1}	$\text{cm}^{-2} \text{g}^{1/2} \text{s}^{-1}$	$\text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2}$	$\text{Kulomb} = \text{amper} \times \text{sek.}$
Amper	A	Natężenie prądu	J	$3 \cdot 10^9$	10^{-1}	$\text{cm}^{-2} \text{g}^{1/2} \text{s}^{-2}$	$\text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{s}^{-1}$	$\text{Amper} = \frac{\text{wolt}}{\text{om}} = \frac{\text{kulomb}}{\text{sek.}}$
Volt	V	Napięcie (siła elektrobodźczą)	V, E	$3, 33 \cdot 10^{-7}$	10^4	$\text{cm}^{1/2} \text{g}^{1/2} \text{s}^{-1}$	$\text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{s}^{-2}$	$\text{Wolt} = \text{Amper} \times \text{om}$
Om	Ω	Opór elektryczny	R	$1, 11 \cdot 10^{11}$	10^9	$\text{cm}^{-1} \text{sek}$	$\text{cm} \text{sek}^{-1}$	$\text{Om} = \frac{\text{wolt}}{\text{amper}}$
Siemens	S	Przewodnictwo elektr. (przewodność)	γ	$9 \cdot 10^{11}$	10^{-9}	$\text{cm} \text{sek}^{-1}$	$\text{cm}^{-1} \text{sek}$	$\text{Siemens} = \frac{\text{amper}}{\text{wolt}}$
Farad	F	Pojemność elektr.	C	$9 \cdot 10^{11}$	10^{-9}	cm	$\text{cm}^{-1} \text{sek}^2$	$\text{Farad} = \frac{\text{kulomb}}{\text{wolt}} = \frac{\text{amper} \times \text{sek}}{\text{wolt}}$
Henry	H	Samoi indukcja	L	$1, 11 \cdot 10^{14}$	10^7	$\text{cm}^{-1} \text{sek}^2$	cm	$\text{Henry} = \frac{\text{wolt} \times \text{sek.}}{\text{amper}}$
Wat	W	Moc elektryczna (dzielność)	W	10^7	10^7	$\text{cm}^2 \text{g} \text{sek}^{-3}$	$\text{cm}^2 \text{g} \text{sek}^{-3}$	$\text{Wat} = \frac{\text{Dżul}}{\text{sek.}} = \text{wolt} \times (\times \text{amper}^2)$
Dżul (joule)	J	Praca elektryczna (energia)	A	10^7	10^7	$\text{cm}^2 \text{g} \text{sek}^{-2}$	$\text{cm}^2 \text{g} \text{sek}^{-2}$	$\text{Dżul} = \text{Wat} \times \text{sek.}$

*) Dla prądu stałego: wat = woltamper. Dla prądów zmiennych: wat = woltamper $\cdot \cos \varphi$, gdzie wat = moc rzeczywista, skuteczna; woltamper — moc pozorna, φ — przesunięcie fazy V względem I.

Jednostki elektryczności techniczne, t. zw. międzynarodowe, różnią się bardzo niewiele (najwyżej o 5,10⁻¹) od jednostek opartych na bezwzględnym układzie miar C. G. S., podanych w tablicy. Biorą one za podstawę jednostkę oporu elektrycznego („om międzynarodowy”) oraz jednostkę natężenia prądu („amper międzynarodowy”):

„Om międzynarodowy” — jest to opór słupka rtęci o długości 106,3 cm, przekroju 1 mm² i masie 14,4521 g przy temp. 0° C.

„Amper międzynarodowy” — jest to natężenie prądu, który przy przepływie przez roztwór wodny Ag NO₃ wydziela na katodzie 1,1180 mg srebra.

Porównanie jednostek technicznych międzynarodowych z praktycznymi opartymi na bezwzględnym układzie miar C. G. S.:

1 om międzynarod.	=	1,0005 om bezwzgl.
1 amper	=	1,0000 amper
1 wolt	=	1,0005 wolt
1 farad	=	0,9995 farad
1 henry	=	1,0005 henry
1 wat	=	1,0005 wat

Zamiana miar angielskich na metryczne

1 cal angielski (inch = 1", = 25,399 mm
1 stopa ang. (foot = 12") = 0,3048 m
1 cal ang. kwadratowy (sq. inch) = 6,451 cm ²
1 stopa ang. kwadratowa (sq ft) = 0,093 m ²
1 stopa ang. sześcienna (cb ft) = 0,02832 m ³
1 gallon ang. (Imperial gallon) = 4,5435 litra
1 Imp. gallon = 4quarts = 8 pints = 32 gills
1 gallon U. S. A. = 3,785 litra
1 tona ang. (long ton) = 1016,04 kg
1 long ton = 20 cwts (centnarów) = 2240 lbs av. funtów)
1 tona U. S. A. (short ton) = 907,18 kg
1 short ton = 2000 lbs
1 funt angielski (lb av.) = 0,4536 kg (funt handlowy)
1 pound avoirdupois (lb) = 16 oz (uncji)
1 troy pound = 0,3732 kg (funt jubilerski i apteczny)
1 troy pound = 0,823 lb av.
1 uncja (ounce-oz.) = 28,35 g
funto-stopa (ft lb) = 0,1382 kGm
moc konia mechanicznego (BHP) = 1,014 KM
tona na cal kwadratowy (long long ton per sq. in.) = 157,5 kg/cm ²
tona U. S. A. na cal kwadratowy (short ton per sq. in.) = 140,6 kg/cm ²
funt na cal kwadratowy (lb per sq. in.) = 0,0703 kg/cm ²
Skala Fahrenheita:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5(^{\circ}\text{F} - 32)}{9}; \quad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32$$

TABLICA ZAMJANY TEMP. CELSJUSZA I FAHRENHEITA.

C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.
0	32-0	52	125-6	104	219-2	156	312-8	208	406-4	260	500-0
1	33-8	53	127-4	105	221-0	157	314-6	209	408-2	261	501-8
2	35-6	54	129-2	106	222-8	158	316-4	210	410-0	262	503-6
3	37-4	55	131-0	107	224-6	159	318-2	211	411-8	263	505-4
4	39-2	56	132-8	108	226-4	160	320-0	212	413-6	264	507-2
5	41-0	57	134-6	109	228-2	161	321-8	213	415-4	265	509-0
6	42-8	58	136-4	110	230-0	162	323-6	214	417-2	266	510-8
7	44-6	59	138-2	111	231-8	163	325-4	215	419-0	267	512-6
8	46-4	60	140-0	112	233-6	164	327-2	216	420-8	268	514-4
9	48-2	61	141-8	113	235-4	165	329-0	217	422-6	269	516-2
10	50-0	62	143-6	114	237-2	166	330-8	218	424-4	270	518-0
11	51-8	63	145-4	115	239-0	167	332-6	219	426-2	271	519-8
12	53-6	64	147-2	116	240-8	168	334-4	220	428-0	272	521-6
13	55-4	65	149-0	117	242-6	169	336-2	221	429-8	273	523-4
14	57-2	66	150-8	118	244-4	170	338-0	222	431-6	274	525-2
15	59-0	67	152-6	119	246-2	171	339-8	223	433-4	275	527-0
16	60-8	68	154-4	120	248-0	172	341-6	224	435-2	276	528-8
17	62-6	69	156-2	121	249-8	173	343-4	225	437-0	277	530-6
18	64-4	70	158-0	122	251-6	174	345-2	226	438-8	278	532-4
19	66-2	71	159-8	123	253-4	175	347-0	227	440-6	279	534-2
20	68-0	72	161-6	124	255-2	176	348-8	228	442-4	280	536-0
21	69-8	73	163-4	125	257-0	177	350-6	229	444-2	281	537-8
22	71-6	74	165-2	126	258-8	178	352-4	230	446-0	282	539-6
23	73-4	75	167-0	127	260-6	179	354-2	231	447-8	283	541-4
24	75-2	76	168-8	128	262-4	180	356-0	232	449-6	284	543-2
25	77-0	77	170-6	129	264-2	181	357-8	233	451-4	285	545-0
26	78-8	78	172-4	130	266-0	182	359-6	234	453-2	286	546-8
27	80-6	79	174-2	131	267-8	183	361-4	235	455-0	287	548-6
28	82-4	80	176-0	132	269-6	184	363-2	236	456-8	288	550-4
29	84-2	81	177-8	133	271-4	185	365-0	237	458-6	289	552-2
30	86-0	82	179-6	134	273-2	186	366-8	238	460-4	290	554-0
31	87-8	83	181-4	135	275-0	187	368-6	239	462-2	300	572-0
32	89-6	84	183-2	136	276-8	188	370-4	240	464-0	310	590-0
33	91-4	85	185-0	137	278-6	189	372-2	241	465-8	320	608-0
34	93-2	86	186-8	138	280-4	190	374-0	242	467-6	330	626-0
35	95-0	87	188-6	139	282-2	191	375-8	243	469-4	340	644-0
36	96-8	88	190-4	140	284-0	192	377-6	244	471-2	350	662-0
37	98-6	89	192-2	141	285-8	193	379-4	245	473-0	360	680-0
38	100-4	90	194-0	142	287-6	194	381-2	246	474-8	370	698-0
39	102-2	91	195-8	143	289-4	195	383-0	247	476-6	380	716-0
40	104-0	92	197-6	144	291-2	196	384-8	248	478-4	390	734-0
41	105-8	93	199-4	145	293-0	197	386-6	249	480-2	400	752-0
42	107-6	94	201-2	146	294-8	198	388-4	250	482-0	410	770-0
43	109-4	95	203-0	147	296-6	199	390-2	251	483-8	420	788-0
44	111-2	96	204-8	148	298-4	200	392-0	252	485-6	430	806-0
45	113-0	97	206-6	149	300-2	201	393-8	253	487-4	440	824-0
46	114-8	98	208-4	150	302-0	202	395-6	254	489-2	450	842-0
47	116-6	99	210-2	151	303-8	203	397-4	255	491-0	460	860-0
48	118-4	100	212-0	152	305-6	204	399-2	256	492-8	470	878-0
49	120-2	101	213-8	153	307-4	205	401-0	257	494-6	480	896-0
50	122-0	102	215-6	154	309-2	206	402-8	258	496-4	490	914-0
51	123-8	103	217-4	155	311-0	207	406-6	259	498-2	500	932-0

Harmonogram robót inwestycyjnych

w roku budżetowym

Lp.	kategoria drogi	wyszczególnienie robót	miejsce robót km.		ilość mb.	czas wykonania												sumy z budżetu państw. i samorz. zł.	
			od	do		kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień	styczeń	lutym	marzec		
1	państw.	Jabłonna - Modlin ²⁾ naw. imobielonowa	3,485	11,000	7515														276 388
2	państw.	mości w Pomiechawku	-	-	120														57 000
3	państw.	trakt Krakowski ścieżki rowerowe	8,000	13,700	5780														65 000
4	państw.	mości na Świdrze	-	-	28														100 000
5	państw.	Karczew - Jabiekuř przebudowa	1,450	3,450	2000														10 000
6	państw.	ulice w Pomiechawku	-	-	-														3 500

1) przykład wypełnienia rubryk.

2) państwowe, wojewódzkie, powiatowe.

OZNACZENIA:



projektowany czas wykonania budowy /kolor czarny/.



wykonywanie budowy /kolor czerwony/.



ukończenie budowy /kolor niebieski/.

Tablica ciężarów kamienia.

L. p.	Rodzaj kamienia	Ciężar właściwy		Ciężar objętościowy tuczniła do 10 cm.	
		Wartości graniczne	Wartość średnia	Wartości graniczne	Wartość średnia
1	Bazalt	2.86—3.08	2.97	1.43—1.54	1.49
2	Diabaz	2.70—2.96	2.83	1.35—1.48	1.41
3	Dioryt	2.66—2.74	2.70	1.33—1.37	1.35
4	Grajs	2.62—2.80	2.71	1.31—1.40	1.35
5	Granit	2.54—2.78	2.66	1.27—1.39	1.33
6	Kwarcyt	2.60—2.64	2.62	1.30—1.32	1.31
7	Melafir	2.58—2.76	2.67	1.29—1.38	1.33
8	Porfiryt	2.50—2.66	2.58	1.25—1.33	1.29
9	Sjenit	2.64—2.90	2.77	1.32—1.45	1.38
10	Szarogłaz . . .	2.58—2.76	2.67	1.29—1.38	1.33
11	Wapień	2.56—2.74	2.65	1.28—1.37	1.33

żelazo okrągłe

Średnica d mm	Powierzchnia przekroju F cm ²	Ciężar jednostkowy G kg/mb	Średnica d mm	Powierzchnia przekroju F cm ²	Ciężar jednostkowy G kg/mb
7	0.38	0.302	22	3.80	2.984
8	0.50	0.395	25	4.91	3.853
10	0.79	0.616	28	6.16	4.834
12	1.13	0.888	30	7.07	5.549
14	1.54	1.208	32	8.04	6.313
16	2.01	1.578	36	10.18	7.990
18	2.54	1.998	40	12.57	9.865
20	3.14	2.466	50	19.64	15.414

GWOŹDZIE ZWYKŁE.

kwadratowe (handlowe).

Wymiar westfal-ski	Wymiar metryczny		Waga 100 szt. kg	Ilość sztuk w skrzynce 16 kg w przybliżeniu
	grubość mm	długość mm		
14,15	2	30	0,093	17.204
14,18	2	40	0,124	12 903
14,21	2	45	0,140	11.428
14/24	2	50	0,160	10.000
14/27	2	55	0,171	9.356
15/12	2,2	25	0,100	16.000
15/18	2,2	40	0,152	10.526
15/21	2,2	45	0,171	9.356
15/24	2,2	50	0,190	8 421
15/30	2,2	65	0,247	6.477
16/24	2,5	50	0,245	6.530
16/27	2,5	55	0,270	5 925
16/30	2,5	65	0,319	5.015
16/35	2,5	70	0,343	4.664
17/15	2,8	30	0,183	8.743
17/30	2,8	65	0,397	4.030
17/33	2,8	70	0,427	3.747
17/36	2,8	80	0,488	3.278
18/18	3,1	40	0,300	5.333
18/30	3,1	65	0 488	3 278
18/33	3 1	70	0,530	3 018
18/36	3,1	80	0,600	2 666
19/36	3,4	80	0,730	2 191
19/42	3,4	90	0,820	1.951
19/48	3,4	100	0,910	1.758
20/42	3,8	90	1,017	1.573
20/48	3,8	100	1,130	1.415
20/54	3,8	110	1,243	1.287
20/60	3,8	120	1,356	1 179
21/48	4,2	100	1,390	1.151
21/54	4,2	110	1,529	1.046
21/60	4,2	120	1,668	963
22/63	4,6	130	2,158	741
22/72	4,6	160	2,656	602

GWOŹDZIE ZWYKŁE.

kwadratowe (handlowe). (dokończenie).

Wymiar westfal- ski	Wymiar metryczny		Waga 100 szt. kg	Ilość sztuk w skrzynce 16 kg w przybliżeniu
	grubość mm	długość mm		
23/72	5,5	160	3.550	450
23/84	5,5	180	4.104	389
24/84	6,0	180	5.076	315
24/96	6,0	210	6.922	270
25/96	7,0	210	7.308	218
25/108	7,0	230	8.004	199
25/120	7,0	250	8.700	183
26/140	7,6	310	14.043	113

GWOŹDZIE OKRĄGŁE.

4/4½	0,8	10	0.004	400.000
5/4½	0,9	10	0.005	320.000
6/6	1,0	13	0.008	200.000
8/8	1,2	17	0.015	106.660
9/9	1,3	20	0.021	76.190
10/12	1,4	25	0.030	53.330
10/15	1,4	30	0.036	44.440
10/18	1,4	40	0.048	33.330
10/21	1,4	45	0.055	29.090
10/24	1,4	50	0.061	26.220
10/27	1,4	55	0.067	23.880
10/30	1,4	65	0.079	20.250
12/12	1,6	25	0.040	40.000
12/15	1,6	30	0.047	34.040
12/18	1,6	40	0.063	25.390
13/15	1,8	30	0.060	26.660
13/18	1,8	35	0.070	22.850

Rury betonowe przepustowe z podszwą, o przekroju kołowym \varnothing 100 — 1500 mm łączone na wpust. (felc).

Średnica wewn.	Średnica zewn.	Grubość ścianki	Długość rury użytł.	Waga 1 rury
mm.	mm.	mm.	m.	kg.
100	146	23	1,0	23
150	210	30	1,0	36
200	264	32	1,0	52
250	322	36	1,0	70
300	380	40	1,0	95
400	500	50	1,0	155
500	620	60	1,0	240
600	730	65	1,0	315
800	960	80	0,5	260
900	1100	100	0,5	325
1000	1200	100	0,5	400
1250	1500	125	0,5	625
1500	1800	150	0,5	900

Kręgi studzienne betonowe łączone na wpust (felc) \varnothing 500 do 1000 mm.

Średnica wewn.	Średnica zewn.	Grubość ścianki	Długość rury	Waga 1 rury
mm	mm	mm	m	kg.
600	720	60	1,0	275
700	840	70	1,0	380
800	960	80	0,5	244
900	1080	90	0,5	308
1000	1200	100	0,5	380



RURY STALOWE

do przewodów i konstrukcyj
gładkie bez szwu

Średnica zewnątrzna		Normalna		Średnica zewnątrzna		Normalna	
		grub. ścian.	Waga			grub. ścian.	Waga
D		s	G	D		s	G
mm	cale	mm	kg/m	mm	cale	mm	kg/m
8	5/16	1,5	0,24	38	1 1/2	2,5	2,19
				41,5	1 3/8	2,5	2,40
10	13/32	1,5	0,31	44,5	1 3/4	2,5	2,59
				47,5	1 7/8	2,5	2,77
12	15/32	1,5	0,39	51	2	2,5	2,99
				57	2 1/4	2,75	3,68
14	9/16	2	0,59	63,5	2 1/2	3	4,48
				70	2 3/4	3	4,96
16	5/8	2	0,69	76	3	3	5,40
				83	3 1/4	3,25	6,39
18	23/32	2	0,79	89	3 1/2	3,25	6,87
				95	3 3/4	3,5	7,90
20	25/32	2	0,89	102	4	3,75	9,09
				108	4 1/4	3,75	9,64
22	7/8	2	0,99	114	4 1/2	3,75	10,20
				121	4 3/4	4	11,54
25	1	2	1,13	127	5	4	12,13
				133	5 1/4	4	12,73
28	1 3/32	2	1,28	140	5 1/2	4,5	15,04
				146	5 3/4	4,5	15,77
30	1 3/16	2,5	1,70	152	6	4,5	16,37
				159	6 1/4	4,5	17,15
32	1 1/4	2,5	1,82	165	6 1/2	4,5	17,81
35	1 3/8	2,5	2,00				

DZIAŁ II
Projektowanie dróg i ulic

PLANOWANIE SIECI DROGOWEJ.

Wzrastające z roku na rok znaczenie transportu drogowego, wysuwa zagadnienie planowania sieci drogowej już nie tylko w skali jednego państwa, ale w skali międzypaństwowej komunikacji samochodowej. Od kilkunastu lat we Włoszech, Niemczech, b. Austrii i innych krajach Europy wielu uczonych ekonomistów i inżynierów poświęca bardzo



Projekt międzynarodowych autostrad.

poważne prace naukowe nad studiami i planowaniem międzynarodowego transportu drogowego. Sen. Purricelly (Włochy), dr. inż. Orley (Wiedeń) szkicują szemat komunikacji samochodowej łączącej Europę z wschodnią i południową Azją i Afryką.

Planowanie sieci autostrad dla międzynarodowego transportu drogowego z dziedziny rozważań teoretycznych wchodzi w ostatnich latach w sferę rozwiązań praktycznych. Budowa autostrady Londyn — Berlin — Bagdad — Singapur weszła w stadium realizacji — być może w niedługim czasie będziemy świadkami i sami weźmiemy udział w budowie wielkiej autostrady Londyn — Berlin — Warszawa — Moskwa — Tokio.

Wymagania techniczne jakie stawia drodze nowoczesny transport drogowy wpłynęły na kolosalne zwiększenie się kosztów budowy dróg i z tych względów należy dążyć do możliwie najracjonalniejszego i najekonomiczniejszego planowania sieci drogowej danego państwa lub części jego obszaru i przepracowania konstrukcji poszczególnych dróg. Projektowanie sieci drogowej dziś jest już bardzo skomplikowaną nauką i wymaga wielkiej wiedzy technicznej i poważnych studiów gospodarczych.

Planowanie sieci drogowej obszaru państwa winno być oparte na wszechstronnych studiach organizmu państwowego. Zaplanowana sieć drogowa państwa winna składać się z czterech zasadniczych elementów:

1) Sieci dróg specjalnych — przeznaczonych wyłącznie dla dalekobieżnego transportu drogowego o wielkiej prędkości handlowej. Sieć ta racjonalnie winna wiązać się z siecią dróg specjalnych o charakterze transportu międzynarodowego.

2) Sieci głównych dróg zwykłych — dla obsługi transportu drogowego w skali ogólnopństwowej. Sieć ta winna być racjonalnym uzupełnieniem sieci dróg specjalnych i winna się z nią logicznie wiązać.

3) Sieci regionalnych dróg zwykłych — dla obsługi potrzeb transportu w skali jednego regionu. Sieć ta winna stanowić racjonalne rozwinięcie sieci dróg głównych i winna się z nią logicznie wiązać.

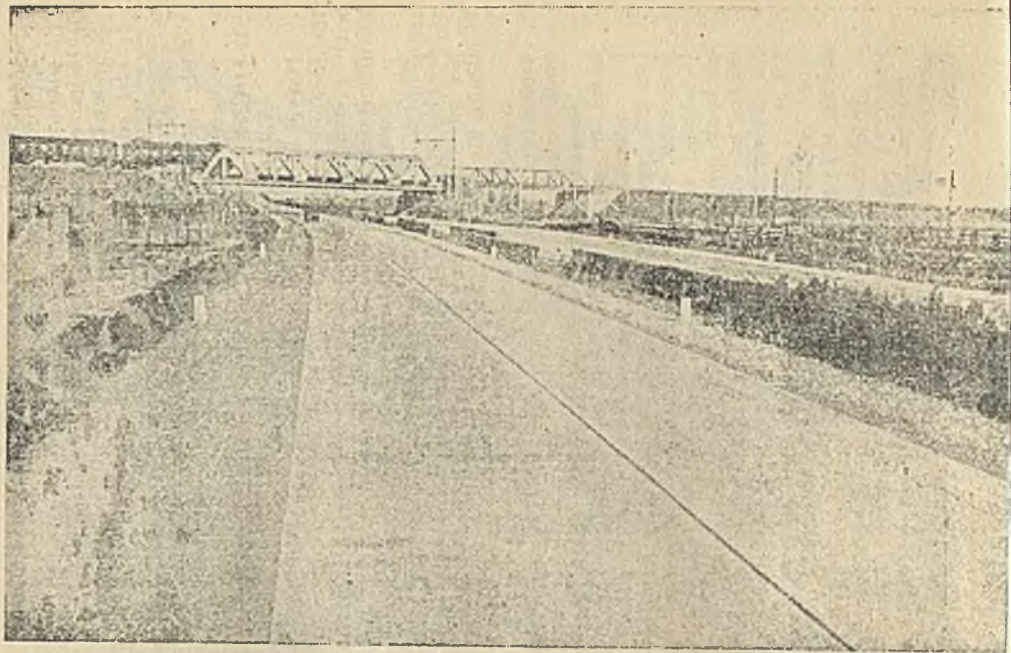
4) Sieci lokalnych dróg zwykłych — dla obsługi lokalnych potrzeb transportu drogowego, sieć ta winna uwzględnić lokalne potrzeby danego ośrodka i winna stanowić powiązanie komunikacji drogowej z innymi komunikacjami: kolejną, drogami wodnymi i komunikacją lotniczą.

WARUNKI PROJEKTOWANIA DRÓG SPECJALNYCH.

Dotychczas nie posiadamy obowiązujących przepisów technicznych projektowania dróg specjalnych, podamy więc zasadnicze wytyczne, opierające się na wzorach zagranicznych.

Po raz pierwszy specjalne drogi samochodowe rozpoczęły budować Włochy (autostrada Medjolan — Como 1922 r.), następnie do budowy autostróg przystąpiły Niemcy (Kolonja — Bonn).





Autodroga Haga — Amstordani.

Początkowo Niemcy wzorowali wykonanie autostród na przykładach włoskich, lecz już 1932 roku zostaje wypracowany odrębny typ autostród niemieckich. Na podstawie wypracowań włoskich i niemieckich obecnie można powiedzieć, że pogląd, jak ma być zbudowana autostrada, jest zdefiniowany.

Specjalną drogą samochodową (autostradą, autostradą, autobahn, autoroute) jest droga przeznaczona wyłącznie dla ruchu samochodów osobowych, ciężarowych i pociągów samochodowych, posuwających się z szybkością ponad 60 km/godz., zarówno podczas dnia jak i nocy.

Autostrada winna być zbudowana na oddzielnym torowisku i całkowicie odizolowana od wszelkiego innego ruchu.

Skrzyżowanie autostrady z kolejami, drogami zwykłymi winno być wykonane wyłącznie w dwóch poziomach.

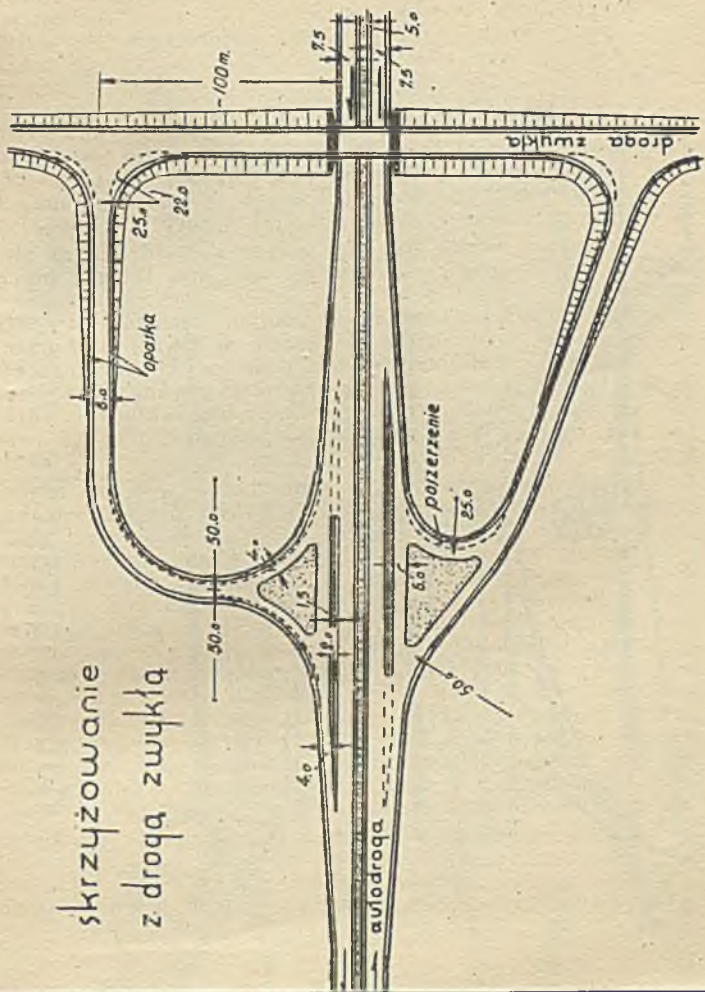
Połączenie autostród z siecią dróg zwykłych winno być wykonane za pomocą specjalnych skrzyżowań, które umożliwiają wjazd lub zjazd na autostradę bez zakłócenia ruchu na autostradzie. Wjazdy na autostradę powinny być urządzone nie częściej jak co 10—20 km.

Autostrada powinna być zaopatrzona w dwie jezdnie szerokości co najmniej po 6,50 m każda; dla każdego kierunku ruchu.

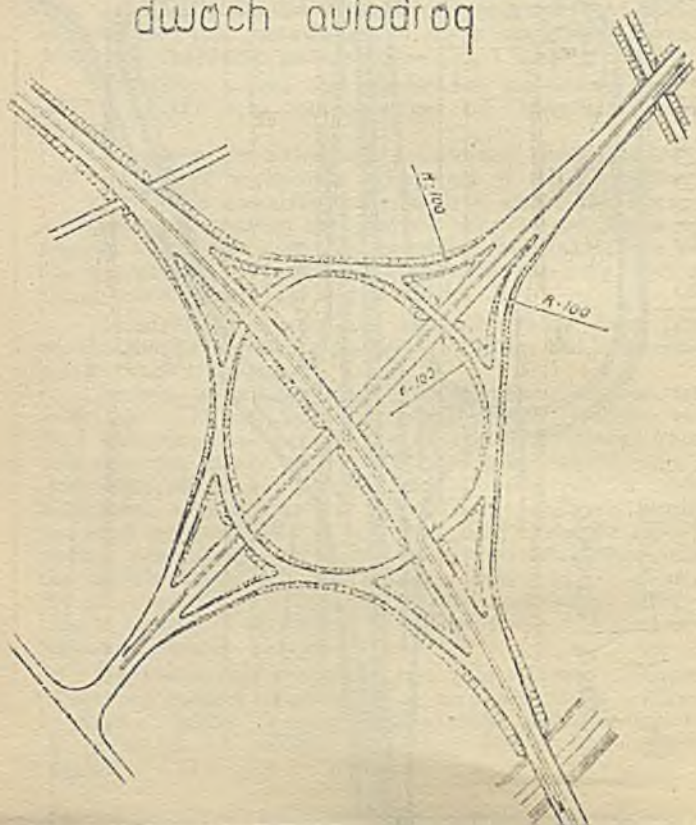
Jezdnie winny być rozdzielone pasem zieleni, szerokości co najmniej 5m. Pas rozdzielający jezdnie winien być uzbrojony w urządzenia naturalne (drzewa, krzewy) lub sztuczne (płoty, przegrody), które by zapobiegały wzajemnemu oślepianiu się pojazdów jadących z dużymi światłami w przeciwnych kierunkach. Jeżeli ze względów na brak miejsca (mosty) lub trudności terenowe (góry) nie można zastosować szerokiego pasa rozdzielającego jezdnię, na takich odcinkach pas dzielący może być zwężony do 1,0 m — musi być jednak wyraźnie zbudowany; wtedy odcinek autostrady powinien być oświetlony i wprowadzony zakaz używania dużego światła.

Jezdnie autostrady winny być zaopatrzone w ciągłą zewnętrzzną opaskę szerokości co najmniej 1 m — twardą i gładką, ażeby w razie uszkodzenia pojazdu umożliwić zatrzymanie się pojazdu na skraju jezdni bez tamowania ruchu.

skrzyżowanie
z drogą zwykłą

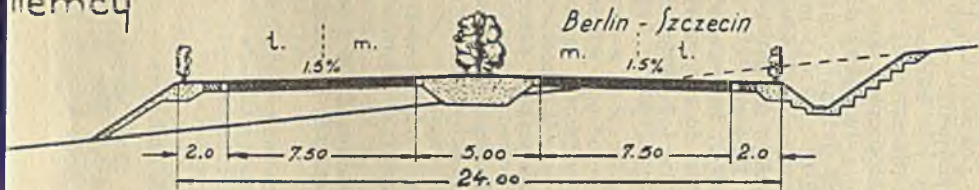


skrzyżowanie
dwóch autostrad

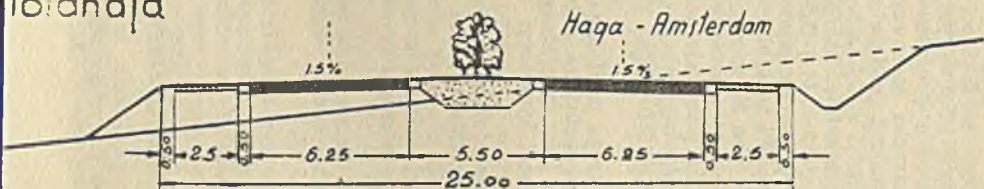


typowe przekroje autostrad

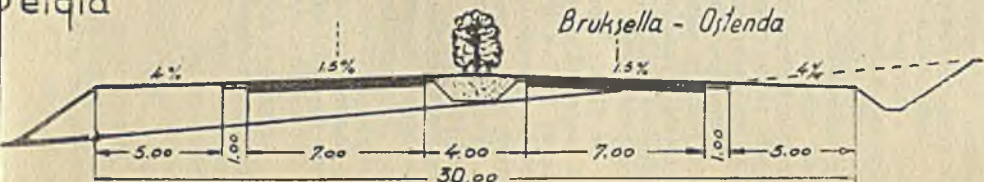
Niemcy



Hollandja



Belgia



Jezdnia 6,50 dla auto drogi jest jezdnią jednotorową i winna być podzielona na 2 części — pas szerokości 3,5 m dla ruchu (zewnątrzny) i 3,0 m dla wymijania.

Jeżeli na auto drodze spodziewany jest bardzo wielki ruch i zachodzi potrzeba stosowania dwutorowej jezdni. wówczas należy budować jezdnie czteropasowe, dwa pasy dla ruchu ciężarowego i autobusowego i dwa pasy dla ruchu osobowych samochodów. Szerokość jezdni winna wynosić wówczas $2 \times [(3,5+3,0) + (3,5+3,0)] = 2 \times 13$ m. Stosowanie trzypasowych jezdni jako dwutorowych (dwa pasy dla ruchu i jeden dla mijania) wydaje się być nie racjonalne (proj. prof. Van Denzen'a — Belgia).

Dwutorowe auto drogi jeszcze nie były budowane i dla tego rodzaju auto dróg pozostaje jeszcze do rozpracowania kwestia wjazdów, placów postojowych i t. p., które to zagadnienie jest dla dwutorowego ruchu jeszcze bardziej skomplikowane.

W planie i przekroju podłużnym auto droga winna być tak zaprojektowana, ażeby na całej długości auto drogi osiągać można było bez specjalnego wysiłku motoru lub specjalnej umiejętności kierowcy maksymalne przeciętne szybkości.

Wielkość promieni łuków winna być powyżej 1000 m w wyjątkowych wypadkach tylko może być zmniejszona lecz nie niżej 500 m.

Jezdnie na łukach winny otrzymać odpowiedni przekrój jednospadekowy (płaski lub wklęsły), o odpowiednim nachyleniu (3 — 8%).

Spadki podłużne nie powinny przekraczać 5% i wyjątkowo na krótkich odcinkach i w górzystych terenach mogą być zwiększane do 7%).

Auto drogi winny być zaopatrzone w specjalne stacje obsługi samochodów oraz urządzenia specjalne dla obsługi regularnej (wg. rozkładu) komunikacji osobowej i towarowej.

PROJEKTOWANIA DRÓG ZWYKŁYCH.

Ministerstwo Komunikacji w r. 1938 wydało nowe „Przepisy techniczne projektowania dróg“ (Nr. K. 1) zatwierdzone dnia 24.III.1938 r. Dz. U. Min. Kom. z 1938 r. Nr. 33, poz. 323.

Przepisy Nr. K. 1 podają obowiązujące szczegółowe normy i wytyczne dla projektowania dróg publicznych w Polsce, nie dotyczą one dróg specjalnych (autodrógi) dla których Ministerstwo Komunikacji zapowiada wydanie oddzielnych przepisów.

Drogi publiczne w Polsce zostały podzielone pod względem warunków technicznych na 3 klasy. Drogi I klasy, drogi II i drogi III klasy.

Jako zasadę przyjmuje się, że: drogi państwowe winny odpowiadać warunkom dróg I klasy, drogi wojewódzkie i powiatowe winny odpowiadać warunkom dróg II klasy i drogi gminne winny odpowiadać warunkom dróg III klasy.

O zaliczeniu danej drogi lub ulicy miejskiej, stanowiącej odcinek drogi do jednej z trzech klas decyduje Ministerstwo Komunikacji.

Plan (trasa, kierunek drogi).

Trasę drogi należy tak projektować, ażeby czyniła zadość współczesnym i przyszłym warunkom ruchu. Należy unikać niepotrzebnych załamania drogi w planie, należy zwracać uwagę na to, ażeby droga przez swoje wpisanie w teren nie powodowała zepsucia piękna krajobrazu — jadącemu zaś po drodze ukazywała możliwie najwięcej charakterystycznych krajobrazów, pięknych budowli i t.p. w szczególności proste partie drogi należy zamykać na horyzoncie charakterystycznym widokiem, wykorzystując i projektując odpowiednio załamania drogi w przekroju podłużnym.

Przy trasowaniu dróg I klasy i w niektórych wypadkach dróg II klasy należy unikać prowadzenia dróg przez zwarto zabudowane osiedla. Jeżeli drogę I klasy zmuszeni jesteśmy projektować przez osiedle należy dążyć, ażeby prowadzić ją możliwie przez najmniej zaludnione dzielnice miasta, projektując równocześnie odpowiednie plany zabudowania drogi.

Należy dążyć do stosowania łuków o dużych promieniach. Przepisy Ministerstwa Komunikacji (Nr. K. 1), ustalają następujące normy:

T e r e n	najmniejszy promień łuku w mtr.		
	I	II	III
a) płaski i falisty	300	200	100
b) podgórski	100	50	40
c) górski	50	30	25

Stosowanie promieni ponad 1000 m. jest niepożądane.

Dla dróg I klasy i II klasy należy stosować przy łukach krzywe przejściowe.

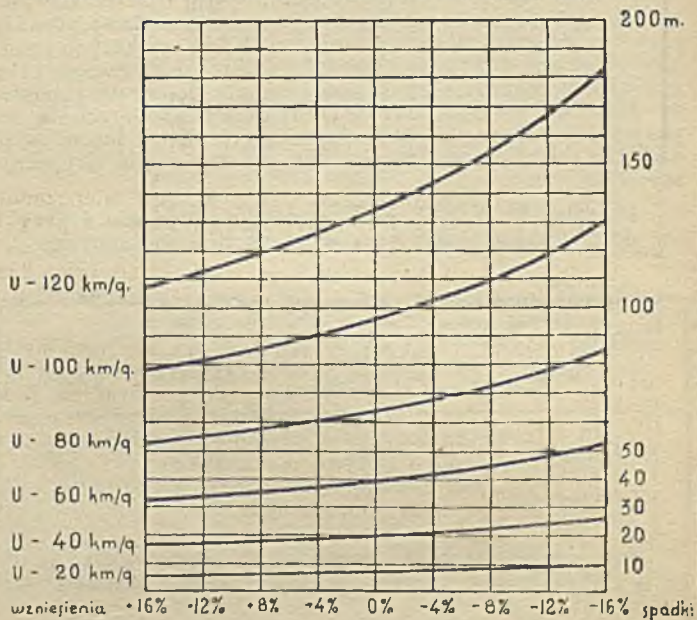
Zamiast łuków kołowych można stosować inne krzywe o zmiennej krzywiznie — nie mniejszej jednak od ustalonych wyżej norm.

Trasa drogi w łukach winna być tak zaprojektowana, ażeby widoczność boczna była zabezpieczona przy max. szybkości z jaką na danej drodze będą posuwać się pojazdy. Na wewnętrznej stronie łuku winien być zaprojektowany odpowiednio szeroki pas wolnej przestrzeni na wysokości oka kierowcy t. j. 0,8 m. Szerokość pasa zależy od wielkości promienia i długości drogi hamowania, które z kolei zależy od spółcz. tarcia, spółcz. oporu jezdni i prędkości pojazdu.

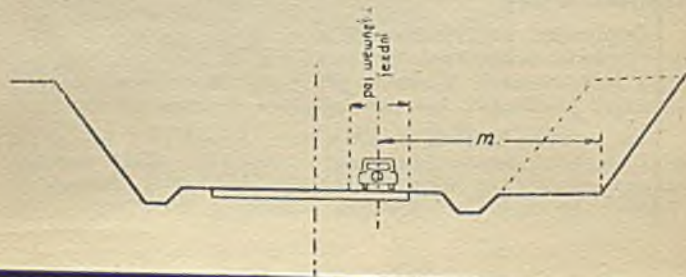
Szerokość pasa m — dla różnych promieni i różnych długości drogi hamowania podaje poniższa tablica (wg. von A. Heeb nad A. Kölmel Strassenbahn 1934).

Promień łuku R. mb.	Wielkość pasa m w metrach dla długości drogi hamowania		
	L = 50 m	L = 100 m	L = 200 m
30	13,40	—	—
50	6,70	50,00	—
100	3,20	13,40	100,00
150	2,10	8,60	38,20
300	1,05	4,20	17,15
500	0,05	2,50	10,10

Długość drogi hamowania dla spólcz. tarcia 0.5, spólcz. oporu 0.2.



Wg. Prof. Inż. M. Nostorowicza — Warszawa „Budowa i utrzymanie dróg L 1”.



Przekrój podłużny.

Projektując niweletę podłużną drogi należy przede wszystkim dążyć do osiągnięcia całkowitej widzialności pionowej oraz do możliwie łagodnej i jaknajbardziej płynnej niwelety drogi. Stosowanie mniejszych lub większych spadków zależy w dużym stopniu od rodzaju nawierzchni, przy zakładaniu maksymalnych pochyłeń dla danej drogi, należy mieć na uwadze, czy w przyszłości nawierzchnia na projektowanej drodze nie ulegnie zmianie — lepiej więc dążyć, o ile tylko to jest możliwe, do stosowania najmniejszych pochyłeń:

Przepisy M. K. (Nr. K. 1) podają następujące największe dopuszczalne pochylenia w przekroju podłużnym:

Klasyfikacja techn. drogi	T e r e n		
	płaski i fallsty	podgórski	górski
I klasa	3%	4%	8%
II klasa	4%	5%	10%
III klasa	6%	7%	12%

Stosowanie większych pochyłeń od podanych w tabeli wymaga każdorazowego zezwolenia Ministerstwa Komunikacji.

Pochylenia podłużne zasadniczo nie powinny być mniejsze od 0,2%.

Dopuszcza się stosowanie poziomych odcinków tylko na groblach drogowych na terenach bagnistych, zalewowych lub terenach płaskich, piaszczystych; długość jednak odcinków poziomych nie powinna być większa od 100 m. b.

Na ostrych łukach o promieniu mniejszym od 40 m należy spadki odpowiednio redukować. Wielkość redukowanego spadku na łuku S_r w zależności od promienia R , i spadku na prostej S powinna wynosić:

Promień łuku Rm.	Wielkość zredukowanego pochylenia na łuku Sr.					
	dla	dla	dla	dla	dla	dla
	S=0.04	S=0.05	S=0.06	S=0.07	S=0.08	S=0.10
10	0.032	0.041	0.050	0.050	0.068	0.086
15	0.036	0.046	0.055	0.065	0.074	0.093
20	0.038	0.047	0.057	0.069	0.077	0.096
30	0.039	0.049	0.059	0.069	0.079	0.098
40	0.040	0.049	0.059	0.059	0.079	0.099
50	0.040	0.050	0.060	0.070	0.079	0.099

Odcinki o pochyleniach 3 — 4% nie powinny być dłuższe od jednego km., odcinki o pochyleniu większym od 4% nie powinny być dłuższe od 0,5 km. — jeżeli zachodzi konieczność stosowania dłuższych odcinków, należy projektować co 0,5 km. „spoczniki” z pochyleniem do 1% i długości co najmniej 50 m.

Dla otrzymania płynnej linii niwelety drogi i dla zapewnienia dostatecznej widzialności, należy załamania przekroju podłużnego wykonywać jako łuki pionowe.

Załamania wklęsłe na których suma dwóch pochyłeń różnego kierunku lub różnica pochyłeń jednego kierunku wynosi więcej niż jeden procent, należy dla dróg I klasy zaokrąglić łukiem $R = 1000$ m, dla II i III klasy łukiem $R = 500$ m.

Załamania wypukłe należy zaokrąglić łukiem pionowym o takim promieniu, ażeby widzialność w kierunku pionowym była zapewniona na długości hamowania. W zależności od sumy spadków odwrotnych lub różnicy spadków jednokierunkowych należy stosować następujące promienie łuków pionowych. (Patrz tabl. str. 48).

Załamania wypukłe niwelety o sumie spadków ponad 5% można stosować tylko na odcinkach prostych.

Zamiast łuków kołowych dla łagodzenia załamania niwelety lepiej jest stosować zaokrąglenie załamań wklęsłych i wypukłych jako łuki paraboliczne; dają one łągo-

Suma odchyłeń odwrotnego kierunku lub różnica pochyłeń jednego kierunku	Najmniejszy promień zaokrąglenia załamania
1—2%	2.000 m
2—3%	3.000 m
3—4%	4.000 m

dniejsze przejście od prostej do krzywej, co jest szczególnie ważne przy ciężkim i szybkim ruchu motorowym.

Przy projektowaniu niwelety unikać należy płytkich wykopów. Na terenach płaskich równinnych należy niweletę zakładać tak, ażeby oś korony drogi wznosiła się ponad teren przynajmniej o 0,7 m. Na terenach zalewowych poziom korony drogi winien być wzniesiony ponad stan wód najwyższych na 0,7 m.

Przekrój poprzeczny.

Projekt poprzecznego przekroju drogi winien obejmować rozplanowanie w przekroju wszystkich urządzeń, w które dana droga ma być zaopatrzona w chwili jej budowy jako też i przewidywanej rozbudowy.

Urządzenia umieszczone w pasie drogowym dzielimy na urządzenia drogowe i urządzenia obce.

Urządzeniami drogowymi będą: jezdnia dla ruchu kołowego, jezdnia dla konnego ruchu wierzchowego, jezdnia dla ruchu rowerowego, chodniki dla pieszych, urządzenia dla odprowadzenia wód powierzchniowych i wglębnych, place dla materiałów, place postojowe, znaki drogowe, zaдрzewienie drogi, stacja obsługi i t. p. urządzenia służące ruchowi na drodze.

Urządzeniami obcymi będą wszelkie urządzenia, które z tych czy innych względów muszą się znaleźć w pasie drogowym, lecz nie służą ruchowi na drodze a więc linie teletechniczne, elektryczne, gazociągi, przewody wodociągowe, tory tramwajowe, tory kolei żelaznych i t. p.

Szerokość korony drogi. Przepisy techniczne projektow. dróg Ministerstw. Komunikacji (Nr. K. 1), ustalają najmniejszą szerokość korony drogi dla: dróg I klasy na 12 m, — dróg II klasy na 9 m, — dróg III klasy na 7,5 m.

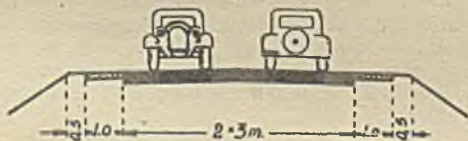
Jednocześnie zastrzegają, że zmniejszenie tej szerokości korony drogi wymaga każdorazowego zezwolenia Ministerstwa Komunikacji.

Zasadniczo przy projektowaniu korony drogi winno dążyć się do tego, ażeby na koronie drogi umieścić ruch kołowy, rowerowy i pieszy, przy czym każdy kierunek każdego ruchu winien mieć swoje torowisko, oddzielone jedno od drugiego w widoczny sposób, jednak tak, ażeby urządzenia rozdzielające nie były przeszkodą dla głównego ruchu t. j. dla ruchu kołowego.

Najracjonalniejszym rozwiązaniem rozplanowania poszczególnych pasów korony drogi jest rozlokowanie ich symetrycznie wzgl. osi drogi.

Najprostszym urządzeniem drogi jest uzbrojenie korony drogi w jezdnie dla ruchu kołowego i pobocza.

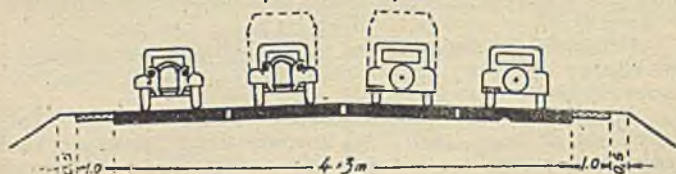
Dwutorowa jezdnie i pobocze



Trzytorowa jezdnie i pobocze



czterotorowa jezdnia i pobocze



Jezdnie dla ruchu kołowego.

Szerokość jezdni winna być wielokrotnością pasa jednotorowego. Szerokość jednotorowego pasa jezdni twardej winna wynosić 3 m.

Przepisy Ministerstwa Komunikacji (Nr. K. 1); ustanawiają, że zasadniczo wszystkie drogi publiczne winny posiadać jezdnie dwutorowe 6 m. szerokości, — przy czym dla dróg II i III klasy za każdorazową zgodą Urzędu Wojewódzkiego szerokość jezdni może być zmniejszona do 5 m. Drogi publiczne z jezdnią jednotorową mogą być budowane tylko w wyjątkowych wypadkach za każdorazowym zezwoleniem Ministerstwa Komunikacji. Dla dróg z jezdnią jedno-torową należy przewidywać poszerzenia do dwóch torów (min. 5 m), dla wymijania się pojazdów. Gęstość rozlokowania mijanek winna być dostosowana do nasilenia ruchu.

Najmniejsza szerokość jezdni t. zw. ulepszonej winna wynosić co najmniej 6 m, nie licząc szerokości opasek.

Jezdnie dwu-torowe na łukach o promieniach mniejszych od 500 m, powinny być poszerzone od strony wewnętrznej łuku, przy czym szerokość poszerzenia w zależności od promienia winna wynosić:

przy $R = 20$ m	poszerzenie $p = 2.00$ m
„ $R = 50$ m	„ $p = 1.00$ m
„ $R = 200$ m	„ $p = 0.50$ m
„ $R = 300$ m	„ $p = 0.30$ m
„ $R = 500$ m	„ $p = 0.00$ m

Dla promieni pośrednich należy brać wielkość p przez interpelację.

Przy poszerzeniu jezdni na łukach szerokość pobocza nie powinna być zmniejszona. Jezdnia winna już na początek łuku otrzymać poszerzoną szerokość o wielkość p . — przejście od normalnej szerokości do poszerzonej winno być wykonane na odcinku długości 30 m przed i za łukiem.

Spadek poprzeczny. Jezdnia na odcinkach prostych winna zasadniczo posiadać przekrój daszkowy, przyczym spadek poprzeczny jezdni na spadkach podłużnych nie przewyższających 3% powinien wynosić:

- | | |
|---|--------|
| 1. przy nawierzchni z kostki regularnej i betonu cementowego | 2% |
| 2. przy nawierzchni bitumicznej, z kostki nieregularnej, płyt kamienno-betonowych i klinkieru | 2—2,5% |
| 3. przy nawierzchni tłuczniowej | 3—4% |
| 4. przy nawierzchni brukowej z kamienia polnego i łamanego | 4—3% |

Przy spadkach podłużnych drogi od 3% — 6% należy spadek poprzeczny jezdni zmniejszyć o 0,5%, zaś przy spadkach podłużnych powyżej 6% o 1%.

Spadek poprzeczny poboczy ziemnych powinien wynosić 5%. Przekrój poprzeczny koryta ziemnego pod nawierzchnią i warstwą filtracyjną winien wynosić od 3% — 5%.

Jezdnie na krzywych o krzywiznie, której promień jest dla dróg I kl. mniejszy od 500 m. i II kl. mniejszy od 300 m, powinna mieć przekrój o jednostronnym spadku do środka krzywizny.

Przejście od przekroju daszkowego do przekroju o jednostronnym spadku i odwrotnie powinno być wykonane na odcinku prostym lub krzywej przejściowej — przyczym długość przejścia winna wynosić co najmniej 50 m.

Wielkość jednostronnego spadku winna być stosowana w zależności od wielkości promienia i rodzaju jezdni i przewidywanej szybkości pojazdów mechanicznych.

Promień krzywej	Jednostronny spadek jezdni na krzywej
$R < 50$ m	od 7% do 6%
$50 \text{ m} \leq R < 100$ m	od 6% do 5%
$100 \text{ m} \leq R < 300$ m	od 5% do 4%
$300 \text{ m} \leq R < 500$ m	od 4% do 3%

Przy wyborze spadku jednostronnego można kierować się następującymi wytycznymi, które podaje tablica.

Przy stosowaniu jednostronnego spadku dla jezdni pomocze zewnętrzne łącznie z ewent. opaską powinno otrzymać spadek na zewnątrz łuku wielkości 1% — przy czym przejście od normalnego spadku na prostej powinno być wykonane na długości co najmniej 30 m.

W obrębie osiedli, gdy ulica jest zwarto zabudowana spadków jednostronnych na łukach, ani poszerzeń jezdni stosować nie należy.

Podział jezdni. Jezdnie dwu-torowe zasadniczo nie powinny być dzielone na pasy na odcinkach, dla których widoczność pozioma i pionowa odpowiada warunkom ruchu.

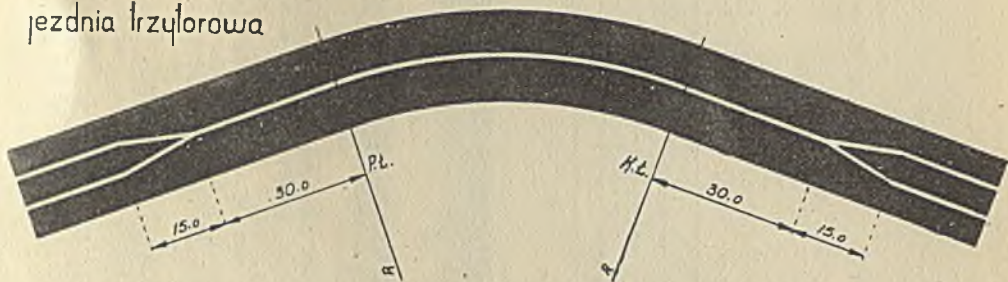
Podział jezdni dwu-torowej winien być stosowany wszędzie tam, gdzie widzialność jest niedostateczna, a więc na odcinkach krzywych, na wypukłych załamaniach niwelety i wszędzie tam, gdzie istnieje niebezpieczeństwo kolizji ruchu a więc na skrzyżowaniach i t. p. W tych wypadkach pas rozdzielający na jezdni oznacza zakaz wymijania.

Jezdnie trzy i więcej torowe zasadniczo winny być podzielone na tory.

Dla jezdni trzytorowych na łukach i wypukłych załamaniach niwelety oraz na skrzyżowaniach jezdni z trzech pasów winna przechodzić w dwa pasy. Podział jezdni trzytorowej w tych wypadkach stanowi również zakaz wymijania.

podział jezdni na łuku poziomym.

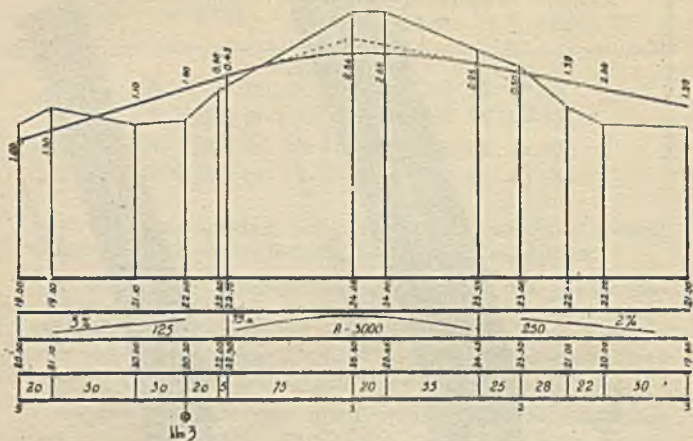
jezdni trzylorowa



jezdni dwutorowa



podział jezdni na łuku pionowym.



jezdni trójtorowa



jezdni dwutorowa



Pas dzielący jezdnie na poszczególne tory winien mieć szerokość od 10 — 15 cm, może być wykonany jako ciągły lub jako linia przerywana i winien być takiego koloru, ażeby w sposób ostry odcinał się od koloru jezdni. Pas może być wykonany jako pas malowany na jezdni specjalną farbą względnie jako konstrukcyjna część jezdni z odpowiednich materiałów.

Jezdnie dla rowerów.

Jeżeli na drodze spodziewany jest ruch rowerowy, należy projektować specjalne ścieżki dla kolarzy, celem oddzielenia ruchu rowerowego od ruchu pojazdów.

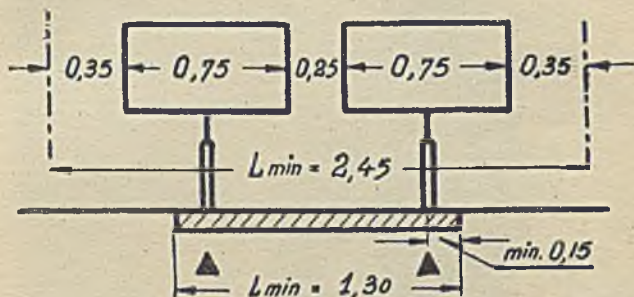
Jezdnie dla rowerów mogą być budowane: 1) na koronie drogi, 2) na specjalnym torowisku poza koroną drogi.

Zasadniczo jezdnie dla rowerów winny być budowane oddzielnie dla każdego kierunku ruchu, mogą być budowane jako jezdnie dla obu kierunków ruchu.

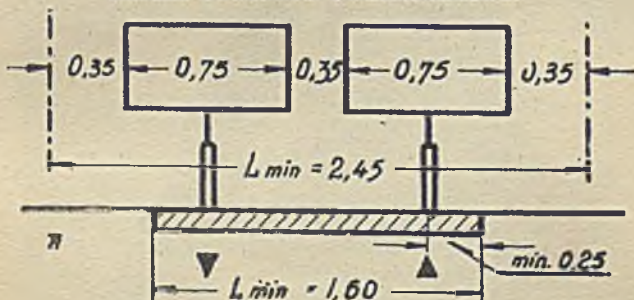
Szerokość jezdni rowerowych.

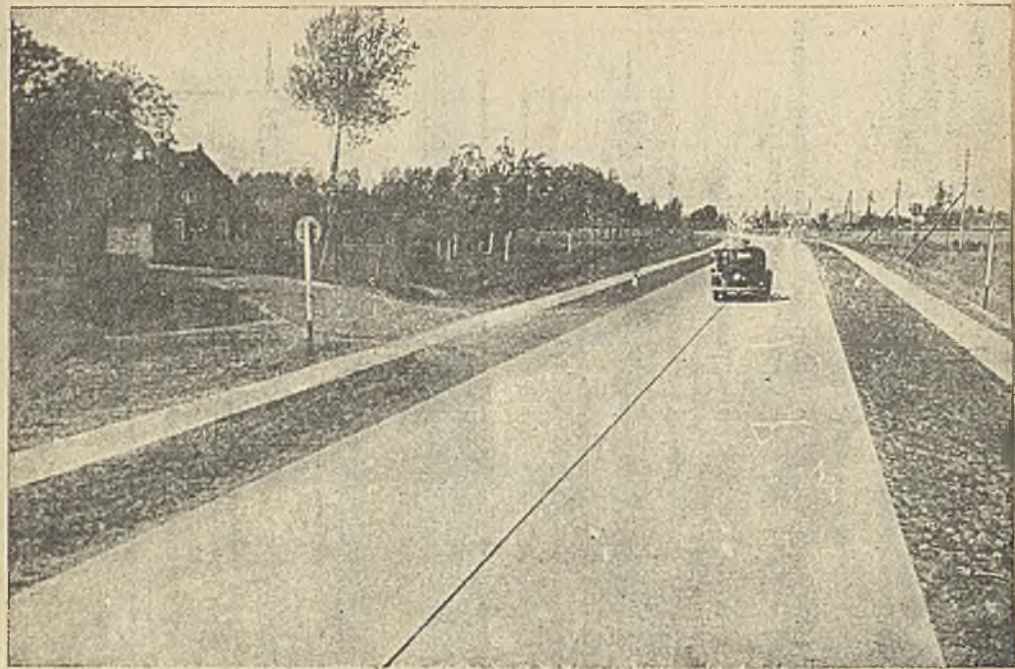
Najmniejsza szerokość jezdni jednokierunkowej winna wynosić 1,10 m., ażeby umożliwić wyprzedzanie.

Ścieżka rowerowa jednokierunkowa.



Ścieżka rowerowa dwukierunkowa.





Droga z jezdnlami rowerowymi na koronie.

Tam, gdzie ruch rowerowy jest mało intensywny można stosować szerokość do 0,70 m. w tym jednak wypadku należy z lewej strony urządzić pas szer. 0,5 twardego pobocza, ażeby umożliwić wymijanie.

Najmniejsza szerokość jezdni rowerowych dwukierunkowych winna wynosić 1,60 m.

dwutorowa jezdnia i tor rowerowy



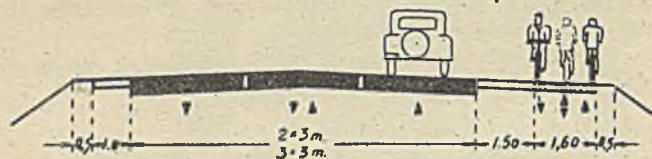
trzytorowa jezdnia i tor rowerowy



trzytorowa jezdnia i tor rowerowa /przekroj uliczny/



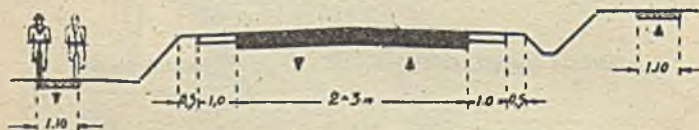
dwukierunkowa ścieżka rowerowa na poboczu —



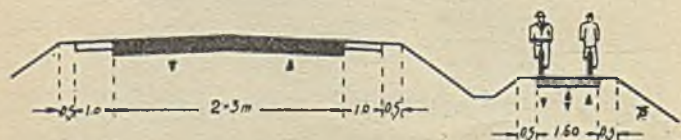
dwukierunkowa ścieżka /krawężnik wystający/ —



jednokierunkowa ścieżka rower. poza koroną drogi —



dwukierunkowa ścieżka rowerowa poza koroną drogi —



Jeżeli jezdnia rowerowa jest zbudowana w jednym poziomie z jezdnią kołową, wówczas należy ją oddzielić od jezdni pasem twardego pobocza szer. ponad 1 m. (przy jezdniach dwutorowych pas winien mieć szerokość 1,5 m.).

Jeżeli jezdnia rowerowa jest oddzielona od jezdni kołowej krawężnikiem należy ją odsunąć od krawężnika co najmniej o 0,5 m. lub stosować szerokość o 0,5 m. większą aniżeli podano wyżej.

Jeżeli jezdnia rowerowa jest zbudowana na własnej koronie — należy dać odpowiednio utwardzone pobocza po 0,5 m. szerokości z każdej strony.

Pobocze nie powinno być przeznaczone dla ruchu kołowego za wyjątkiem tylko wypadku jezdni jednotorowej.

Pobocza winny być utrwalone żwirem, gruzem, szlaką, tłuczniem tak, ażeby nie rozmiękały i nie przyczyniały się do tworzenia się kurzu i błota.

Pobocze winno mieć odpowiedni spadek (4 — 6%) tak, ażeby odprowadzenie wody z jezdni nie natrafiało na trudności.

Szczególnie na odpowiednie utwalenie i skonstruowanie poboczy należy zwrócić uwagę przy budowie jezdni bitumicznych. Na odpowiednie urządzenie poboczy należy zwrócić uwagę przy gruntach nie przepuszczalnych. Zasadniczo należy dążyć do tego, ażeby warstwa filtracyjna, którą dajemy pod jezdnią przechodziła przez całą szerokość korony, a przynajmniej jeszcze na pasie 1,5 m. za jezdnię.

Skarpy powinny otrzymać możliwie łagodne pochylenie tak, ażeby umożliwić pojazdowi łatwy przypadkowy czy celowy zjazd z grobli drogowej, a więc należy stosować skarpy o nachyleniach 1:3, 1:4, 1:5. Największe nachylenie skarpy nie powinno być większe od 1:1,5, w wyjątkowych tylko wypadkach dopuszczalne jest stosowanie bardziej stromych skarpy.

Stoki skarpy należy umacniać przez obłożenie darnią, obsianie i t. p. Na odcinkach zalewowych odpowiednie umocnienie stoków odporne na działanie wód powinno być wykonane przynajmniej do wysokości 30 cm. ponad stan najwyższych wód.

Rowy. Stosowania rowów w zasadzie należy unikać i stosować tylko tam, gdzie zachodzi konieczność odprowa-

dzenia wód zaskórnych i wód opadowych, nie tyle z samej grobli drogowej, ile z przyległych terenów.

Spadek podłużny rowu powinien wynosić co najmniej 0,002 — szerokość dna 0,4 m. Należy unikać głębokich rowów, głębokość rowów nie powinna przewyższać 0,75 m.

W gruntach ciężkich lub podmokłych należy projektować odwodnienie drogi sączkami podłużnymi, założonymi na poboczu drogi na głębokości co najmniej 0,9 m.

Sączki winny być ułożone co najmniej w odległości 0,5 m, od twardej jezdni. Odprowadzenie sączków należy kierować do naturalnych zbiorników wód wzgl. do rowów przydrożnych lub sztucznych zbiorników. Odprowadzenia sączków winny być wykonane co najmniej w odległości co 1 km.

Spadek podłużny sączków winien wynosić conajmniej 0,001. Jako sztuczne zbiorniki wody dla odprowadzenia sączków mogą być wykonane studnie chłonne, studnie winny być tak głębokie, ażeby dochodziły do warstw przepuszczalnych, które gwarantują odprowadzenie wody — nie należy studni chłonnej opierać na warstwach nieprzepuszczalnych, gdyż wtedy budowanie studni jest nie celowe.

Przepusty. Należy projektować według typowych wzorów Ministerstwa Komunikacji. Nie należy na żadnych drogach projektować i budować przepustów drewnianych.

Na drogach III klasy można stosować zamiast przepustów rury betonowe. Rury betonowe powinny być wykonane z dobrego betonu przy zawartości co najmniej 350 kg. cementu na 1 m³ kruszywa.

Światło przepustów winno być obliczone, nie należy jednak stosować przepustów o świetle mniejszym niż 60 cm.

Długość przepustów winna być taka, ażeby korona drogi nie uległa zwięźeniu.

Mosty — rozp. do 10 m. należy projektować wyłącznie jako mosty stałe przynajmniej dla dróg I i II klasy i winny mieć szerokość taką, ażeby nie zwięźały korony drogi.

Mosty większych rozpiętości należy dla dróg I i II klasy budować jako stałe, dla dróg III klasy można stosować mosty drewniane. Przekrój poprzeczny mostu winien być taki, ażeby pomieścić jezdnię tak szeroką jak na szlaku i chodniki dla pieszych.

Mosty stałe należy budować o takim przekroju poprzecznym, ażeby mogły pomieścić wszystkie urządzenia znajdujące się na koronie drogi, na szlaku nie tylko dla warunków, które są zakładane przy budowie drogi, ale i dla warunków ruchu, które projekt przewiduje po rozbudowie drogi. Zasadniczo na dużych mostach stałych I i II klasy jezdni winna być co najmniej trzy-torowa.

Nawierzchnia.

Nawierzchnia stanowi najważniejszy i najdroższy element drogi. Rodzaj zaprojektowanej nawierzchni ma decydujący przeważnie wpływ na koszty budowy drogi, a zawsze decyduje o wysokości kosztów utrzymania.

Przy opracowaniu konstrukcji nawierzchni decydują następujące warunki:

1) Napięcie i rodzaj ruchu — przyczym należy uwzględnić ew. zmiany w najbliższych latach,

2) czy nawierzchnia ma być bezkurzowa — zależy to od intensywności ruchu motorowego (względny bezpieczeństwa) oraz od charakteru miejscowości przez które przebiega trasa,

3) czy nawierzchnia ma być cicha, czy też możemy dopuścić potęgowanie przez nawierzchnię hałasu powodowanego przez ruch — zależy to od charakteru miejscowości przez które prowadzi droga,

4) czy nawierzchnia ma być więcej lub mniej szorstka zależy to od wielkości pochyleń niwelety podłużnej i od napięcia ruchu motorowego,

5) w jakiej porze roku przewidujemy budowę nawierzchni — jest to b. ważne ze względu na to, że różne nawierzchnie wymagają różnego okresu czasu na skomprimowanie,

6) czy budowa nawierzchni będzie się odbywać przy całkowitym zamknięciu ruchu na drodze, czy też przy warunku, że ruch na drodze nie może być zamknięty,

7) rodzaj gleby terenów po których przebiega droga przyczym jeżeli nawierzchnia ma być budowana na fundamencie, przystosować należy do rodzaju gleby konstrukcję fundamentu,

8) nasłonecznienie trasy, warunki przewiewności i wa-

runki klimatyczne — decydują czy możemy dopuścić nawierzchnię otwartą czy szczelną,

9) jakie miejscowe materiały mogą być użyte dla budowy nawierzchni — przyczym materiały powinny być odpowiednio zbadane przed zdecydowaniem ich zastosowania,

10) jakimi kredytami rozporządzamy na budowę — w zależności od rozporządzalnych kredytów możemy stosować albo typy, które należy budować w całości, albo typy, które mogą być budowane seriami z tym, że każda seria może być użytkowana.

Jeżeli mamy do wyboru dwa lub kilka rodzajów nawierzchni odpowiednich dla danych warunków, wówczas o wyborze decyduje t. zw. wartość gospodarcza nawierzchni a więc koszty budowy, utrzymania i koszty przewozu.

Porównanie kosztów budowy i utrzymania należy wykonać dla różnych typów w różnych okresach czasu. Możemy przyjąć:

dla nawierzchni lekkiego typu okres 5 — 10 lat

dla nawierzchni średniego typu okres 8 — 15 lat

dla nawierzchni ciężkiego typu okres 20 — 25 lat

t. j. mniejwięcej okres czasu w którym nawierzchnia wymagać będzie odnowy warstwy jezdnej przyczym koszty odnowy należy włączyć do kosztów porównawczych.

Koszty porównawcze powinny się więc składać z:

a) kosztów budowy nawierzchni,

b) kosztów „łatania”,

c) kosztów odnowy warstwy jezdnej.

W naszych warunkach małej gęstości sieci drogowej i przewidywanego dużego wzrostu ruchu motorowego szczególnie ciężarowego i autobusowego decyzja, czy stosować nawierzchnie t. zw. zwykłe, czy ulepszone, jest b. ważna szczególnie dla dróg I i II kat. gdyż może okazać się, że wzrost ruchu może doprowadzić w b. krótkim czasie albo do zupełnego, zniszczenia nawierzchni względnie do poniesienia wielkich nowych kosztów na budowę nowej ulepszonej nawierzchni.

Jeżeli z takich czy innych względów zmuszeni jesteśmy stosować t. zw. nawierzchnie zwykłe, to pierwszeństwo dla dróg I i II kat. należy dać nawierzchniom z bruku.

Poniżej podajemy wykaz najbardziej znanych typów i rodzajów nawierzchni.

Nawierzchnie zwykłe:

Lekki typ Obciążenie do 100 ton/dobę na 1 m. szer. nawierzchni	Średni typ Obciążenie do 200 ton/dobę na 1 m. szer. nawierzchni	Ciężki typ Obciążenie ponad 200 ton/dobę na 1 m. sz. nawierzchni
a Makadam żwirowy dwu lub trzywarstwowy grub. 16—20 cm.	a Nawierzchnia żwirowa ze żwiru kopalnego, lub rzecznego, grub. 10 cm. na pokładzie z gruzu, szlaki, kamienia okrągłego lub łamanego wys. 15 cm. układanym ręcznie.	a Bruk z kostki nie-regularnej wym. 16—18, 18—20 na podsypce żwirkowej na sprofilowanym i uwałowanym podłożu ziemnym.
b Makadam tłuczniowy dwuwarstwowy grub. 16—20 cm.	b Nawierzchnia tłuczniowa grubości około 10 cm. na podkładzie wysok. około 15 cm. układanym ręcznie.	
c Bruk z kamienia obrobionego w/g norm. P. B. N. 8.	c Bruk z kamienia obrobionego w/g norm P. B. N. 7, na podsypce piaskowej lub żwirowej na sprofilowanym podłożu ziemnym.	

- U w a g i: 1) Dla ruchu o małym natężeniu i lekkich pojazdach stosować można nawierzchnie gruntowe zwykłe t. j. wykonane z mieszaniny piaskowo-gliniastej, lub też gruntowe piaskowo-gliniaste stabilizowane specjalnymi gatunkami emulsji asfaltowych t. zw. terroemulsji, względnie stabilizowanych chlorkiem wapnia.
- 2) Jeżeli na drodze przeważa ruch motorowy i pojazdy nie są zbyt ciężkie nawierzchnia typu lekkiego i średniego a i b mogą być powierzchniowo utrwalone bitumem na gorąco lub na zimno, celem przeciwdziałania tworzeniu się kurzu i błota.

Nawierzchnie ulepszone.

<p>Lekki typ Obciążenie do 100 ton/dobę bę 1 m. szer. nawierzchni.</p>	<p>Średni typ Obciążenie do 250 ton/dobę na 1 m szer. nawierzchni.</p>	<p>Cieżki typ Obciążenie ponad 250 ton/dobę na 1 m. szer. nawierzchni.</p>
<p>a Nawierzchnia tłuczniowa na podkładzie szosowym grub. około 20 cm. bitumowana powierzchniowo lub powierzchniowo z asfaltem, smołą lub emulsją.</p>	<p>a Nawierzchnia tłuczniowa bitumowana wgłębnie, naw. smolospoinowa, mastyks-smolospoinowana, nastyks-makadam, makadam bitumiczny grub. ok. 8 cm. na podłożu szosowym grub. ok. 20 cm. lub brukowanym 18 cm.</p>	<p>a Nawierzchnia z nieregularnej kostki kamiennej 9--11 na podsyppce żwirowej, piaskowo-bitumicznej lub piaskowo-cementowej ze spoinami zalany mi zaprawą bitumiczną lub cementową na podłożu szosowym grub. 22 cm. lub betonowym 20 cm. względnie brukowanym.</p>
<p>b Dywanik z gryków bitumowanych grubości 2 + 1 = 3 cm. (dwuwarstwowy) na podłożu szosowym grub. 20 cm lub betonowym grub. 16 cm.</p>	<p>b Nawierzchnia z gryków bitumowanych dwuwarstwowa grub. 3,5 + 1,5 = 5 cm. na podłożu szosowym grub. 20 cm. betonowym grub. 18 cm. lub brukowanym grub. 18 cm.</p>	<p>b Nawierzchnia z kostki rzędowej kamiennej wym. 12--14 cm. na podsyppce żwirowej, piaskowo-bitumicznej, piaskowo-cementowej ze spoinami zalany mi zaprawą bitumiczną lub cementowo-piaskową.</p>
<p>c Nawierzchnia smolowa lub asfalta - betonowa grub. 3 cm na podłożu szosowym grub. 20 cm. na podłożu betonowym grub. 16 cm. na podłożu brukowanym 18 cm.</p>	<p>c Nawierzchnia z betonu smolowego lub asfaltowego jedno lub dwuwarstwowa grub. od 4--5 cm. na podłożu szosowym grub. 20 cm., betonowym grub. 18 cm., brukowanym grubości 18 cm.</p>	<p>c Nawierzchnia z betonu asfaltowego grub. ponad 6 cm. na podłożu szosowym grub. 22 cm. na starych makadamach bitumicznych lub cementowych, względnie na podłożu betonowym grub. 22 cm.</p>
<p>d Nawierzchnia betonowa jednowarstwowa z tłuczni 0-50 m/m grub.</p>	<p>d Nawierzchnia z asf. lub beton. grub. 18 cm. albo brukowanym grub. 18 cm.</p>	<p>d Nawierzchnia z asf. piaskowego grub. ponad 3,0 cm. na</p>

d	15 cm. na sprofilowanym i uwalowanym podłożu piaszczystym lub żwirowym.	e	Makadam cementowy grub. ok. 8 cm. na podłożu szostowym grub. 20 cm.
e	Nawierzchnia z płyt kamiennie-betonowych grub. 12 cm. na sprofilowanym i uwalowanym podłożu piaszczystym lub żwirowym.	f	Nawierzchnia z płyt kamiennie-betonowych grub. 15 cm., na sprofilowanym i uwalowanym podłożu piaszczystym lub żwirowym.
f	Nawierzchnia z kliniakiem na podłożu z makadamu żwirowego lub iluczniów, wzgl. z gorszego gat. kliniakiem ułożonego na płask.	g	Nawierzchnia betonowa dwuwarstwowa grub. 17-18 cm. (13-14+4) na sprofilowanym i uwalowanym podłożu piaszczystym lub żwirowym.
g	Nawierzchnie betonowe dwuwarstwowe grub. 22 cm. z górną szczerą warstwą z twardego grys grub. ponad 5 cm. na drobnym ustalizowanym przepuszczalnym podłożu gruntowym lub grub. 17 cm (12+5) na podłożu szostowym grub. 20 cm.	h	Nawierzchnia z kliniakiem na podłożu szostowym grub. 20 cm. lub betonowym grub. 18 cm.
d	wyrównawczej warstwie z betonu asfaltowego grub. ponad 3,5 cm. razem ponad 6 cm. na podłożu jak c.	i	Nawierzchnia z nieregularnej kostki kamiennnej 8-10 cm. na podsypce żwirowej, na podłożu szostowym grub. 20 cm.
e	Nawierzchnia z asfaltu lanego grub. 3 cm. na wyrównawczej warstwie z betonu asfaltowego grub. ponad 3,5 cm. razem ponad 6 cm. na podłożu jak c.		
f	Nawierzchnie betonowe dwuwarstwowe grub. 22 cm. z górną szczerą warstwą z twardego grys grub. ponad 5 cm. na drobnym ustalizowanym przepuszczalnym podłożu gruntowym lub grub. 17 cm (12+5) na podłożu szostowym grub. 20 cm.		

- Uwagi: 1) Przy układaniu nawierzchni bitumicznych dwuwarstwowych na stałych brukach, należy warstwę dolną wyrównać dać odpowiednio 0 i - 2 cm. grubszą, celem uelastycznienia podłoża i wyrównania profilu.
- 2) Przed układaniem nawierzchni na fundamencie z bruku na piasku należy bruk zawałować ciężkim walcem.
- 3) Kostkę nieregularną można stosować do obciążenia 350 ton/dobę na 1 m. szerokości nawierzchni, jeżeli obciążenie jest wyższe należy stosować kostkę regularną.

Place składowe dla magazynowania materiałów dla częściowego remontu winny być zaprojektowane po za koroną drogi na pasie przydrożnym.

Wielkość placów, ich rozmieszczenie wzdłuż drogi należy zgóry zaprojektować i wykonać przy budowie drogi w zależności od sposobów przewidywanego remontu i utrzymania jezdni.

Stacje benzynowe i stacje obsługi samochodów należy projektować poza koroną drogi. Niepożądane jest, ażeby tankowanie benzyny i smarów odbywało się na głównej jezdni.

Stacje winny być zaprojektowane możliwie na pasie przydrożnym i urządzone tak, ażeby dojazd i wyjazd ze stacji nie wprowadzały kolizji ruchu. Stacje benzynowe i stacje obsługi winny odpowiadać warunkom technicznym i posiadać formy estetyczne.

Zadrzewienie dróg należy projektować tak, ażeby nie pomniejszać bezpieczeństwa ruchu na drodze, a więc widzialności drogi, wysokości i szerokości przestrzeni przeznaczonej dla ruchu, nie stwarzać zbytniego zacienienia drogi, szczególnie tam, gdzie możliwe jest większe zablokowanie nawierzchni.

Co do sposobu zadrzewienia dróg zdania są podzielone, przeważające jest zdanie, że na drogach o silnym ruchu samochodowym jest nie wskazane sadzenie drzew na koronie drogi.

Ministerstwo Komunikacji zapowiada wydanie oddzielnych przepisów co do sposobu zadrzewiania dróg.

Sporządzenie projektów.

Podajemy odpowiednie §§ Przepisów technicznych Projektowania dróg Nr. K 1, dotyczące sporządzania projektów.

§ 17.

Projekt przedwstępny (ogólnikowy).

(1) Sporządzanie projektu przedwstępnego jest konieczne, jeżeli projektowane roboty są duże i kosztowne, a zwa-

szcza jeżeli mogą być wykonane w kilku odmianach (wariantach) co do typu drogi, jej kierunku itp.

W tych przypadkach projekt szczegółowy może być opracowany dopiero po zatwierdzeniu projektu przedwstępnego i po uwzględnieniu zmian i uzupełnień, jakie poczyniły władze zatwierdzające.

(2) Projekt przedwstępny jest zbędny, jeżeli zamierzona budową drogi nie przedstawia wątpliwości zarówno co do typu jak i ogólnego kierunku drogi, opracowanie zaś od razu projektu szczegółowego, ze względu na zakres pracy, nie jest długotrwałe ani kosztowne.

(3) Projekt przedwstępny drogi powinien obejmować następujące części składowe:

1. Opis techniczny projektu, zawierający uzasadnienie gospodarcze budowy drogi, umotywowanie zaliczenia projektowanej drogi do jednej z 3 klas, opis typu drogi i ogólnego jej kierunku, porównanie różnych odmian (wariantów) kierunku drogi, przybliżony kosztorys i program wykonania i sfinansowania budowy.

2. Kierunek projektowanej drogi, oznaczony na mapie w podziałce 1 : 300,000 lub 1 : 100,000 dla ogólnej orientacji, oraz na mapie 1 : 25,000.

3. Obliczenie otworów mostów i przepustów na projektowanym kierunku.

4. Zbiór projektów przedwstępnych mostów i przepustów, jeżeli nie są zastosowane typy przyjęte przez Ministerstwo Komunikacji.

5. Profil podłużny wykonany na podstawie mapy 1 : 25,000, w podziałce długości 1 : 25,000 i wysokości 1 : 250.

6. Przekroje poprzeczne normalne i zbiór przekrojów poprzecznych z natury, jeżeli teren jest falisty lub górzysty.

7. Obliczenie ilości robót ziemnych.

8. Zbiór szkiców do projektów szczegółowych.

9. Kosztorys przybliżony.

§ 18.

Projekt szczegółowy.

(1) Projekt szczegółowy budowy drogi publicznej z twarłą nawierzchnią powinien obejmować następujące części:

1. Memoriał objaśniający, zawierający uzasadnienie głównych cech projektu, porównanie i wybór możliwych odmian kierunku drogi, opis miejscowości i rodzajów gruntu, umotywowanie przyjętego typu nawierzchni i jej materiału, dane co do źródeł dostawy materiałów, program prowadzenia robót, wykaz stałych punktów poziomniczych (reperów) z ich opisem itp.

2. Plan orientacyjny w podziałce 1 : 25,000 lub 1 : 100,000 na mapie sztabowej.

3. Plan sytuacyjny w podziałce 1 : 1,000 lub 1 : 2,000.

4. Profil podłużny w podziałce długości 1 : 1,000 i wysokości 1 : 100, lub długości 1 : 2,000 i wysokości 1 : 200.

5. Normalne przekroje poprzeczne na odcinkach poza osiedlami i w osiedlach w podziałce 1 : 25 lub 1 : 50.

6. Zbiór przekrojów poprzecznych na całej drodze w podziałce 1 : 100.

7. Wykazy robót ziemnych i przewozu mas.

8. Wykres rozdziału mas ziemnych ze wskazaniem linii rozdzielniczych i podziału przewożonych mas oraz rodzaju gruntów, nadających się i nie nadających się do budowy drogi.

9. Obliczenia otworów w świetle przepustów i mostów z mapą zlewni.

10. Rysunki lub szczegółowe projekty przepustów i mostów, jeżeli nie mogą być zastosowane typy tychże, przyjęte przez Ministerstwo Komunikacji.

11. Rysunki szczegółowe do części projektu, odnoszących się do łuków z odcinkami przejściowymi, wężyków (serpentyń), murów oporowych itp. w podziałce 1 : 50.

12. Szczegółowy wykaz robót.

13. Wykaz powierzchni gruntów podlegających zajęciu, przy czym powierzchnię gruntu wywłaszczanego od poszczególnych właścicieli należy podawać oddzielnie.

14. Analizę cen wszystkich robót.

15. Wyniki badania gruntu na przebiegu projektowanej drogi oraz przekroje geologiczne gruntu w miejscach, w których mają być założone fundamenty mostów stałych i ważniejszych przepustów.

16. Kosztorys szczegółowy.

(2) Projekt szczegółowy budowy drogi gminnej według warunków technicznych klasy III może być ograniczony do następujących części:

1. Memoriału objaśniającego, zawierającego uzasadnienie głównych cech projektu, porównania i wyboru możliwych odmian kierunku drogi, opisu miejscowości i rodzajów gruntu, umotywowania przyjętego typu nawierzchni i jej materiału, danych co do źródeł dostawy materiałów, programu prowadzenia robót, wykazu stałych punktów poziomniczych (reperów) z ich opisem itp.

2. Planu orientacyjnego w podziałce 1:25,000 lub 1:100,000 na mapie sztabowej.

3. Planu sytuacyjnego w podziałce 1:000 lub 1:2,000.

4. Profilu podłużnego w podziałce długości 1:1,000 i wysokości 1:100 lub długości 1:2,000 i wysokości 1:200.

5. Normalnych przekrojów poprzecznych na odcinkach poza osiedlami i w osiedlach w podziałce 1:25 lub 1:50.

6. Zbioru przekrojów poprzecznych co 100 m w miejscach, odbiegających od normalnego przekroju, w podziałce 1:100.

7. Obliczenia otworów w świetle przepustów i mostów z mapą zlewni.

8. Rysunków lub szczegółowych projektów przepustów i mostów, jeżeli nie mogą być zastosowane typy tychże, przyjęte przez Ministerstwo Komunikacji.

9. Szkiców, wyjaśniających szczegółowo niektóre części projektu, jak zakręty, mury oporowe itp. w podziałce 1:50.

10. Przybliżonego wykazu robót.

11. Wykazu powierzchni gruntów w przypadku, gdy zachodzi potrzeba wywłaszczenia.

12. Analizy cen wszystkich robót.

13. Wyników badania gruntu na przebiegu projektowanej drogi oraz przekrojów geologicznych gruntu w miejscach, w których mają być założone fundamenty mostów stałych i ważniejszych przepustów.

14. Kosztorysu szczegółowego.

(5) Na planie sytuacyjnym należy pokazywać wzdłuż osi drogi:

1. Rowy oraz kierunek odpływu wody w rowach i pod przepustami.

2. Odwodnienie podłużne (sączki).

3. Dane co do łuków w planie, a mianowicie: początek i koniec łuku, jego promień, kąt, styczne, długość proste przejściowe itp.

4. Położenie punktów stałych poziomowania i wierzchołków łuków z danymi liczbowymi, które się do nich odnoszą.

5. Granice powiatów, gmin i działek gruntu, jeżeli te działki będą oddzielnie wywłaszczane.

6. Drogi boczne i wjazdy.

7. Mosty i przepusty z oznaczeniem kilometra i otworów w świetle.

8. Skrzyżowania z drogami żelaznymi i bitymi.

9. Zabudowania sąsiednie.

10. Złoża istniejących materiałów, nadających się do budowy.

(4) Na profilu podłużnym należy podawać:

1. Rzędne terenu i rzędne projektowanej nawierzchni.

2. Wysokość robót na osi (różnice rzędnych terenu i nawierzchni), a w osiedlach rzędne wjazdów i wejść do zabudowań.

3. Rowy boczne, ich spadki w procentach i rzędne w miejscach załomów.

4. Sączki podłużne.

5. Proste i łuki w planie.

6. Pochylenia podłużne jezdni w % (procentach) oraz łuki pionowe.

7. Zjazdy na drogi boczne.

8. Mosty i przepusty.

(5) Na przekrojach poprzecznych, na ogół nie należy oznaczać ani odległości, ani rzędnych oddzielnych punktów przekroju poprzecznego, lecz ograniczyć się tylko do wypisania na każdym przekroju rzędnej terenu i projektowanej rzędnej jezdni na osi drogi oraz rzędnych dna rowów. Przy każdym przekroju powinna być wypisana powierzchnia przekroju robót ziemnych, oddzielnie w przekopie i oddzielnie w nasypie. Wielkości te powinny być zgodne z danymi wykazu robót ziemnych.

§ 19.

Badania techniczne i opracowanie projektu.

(1) Badania (poszukiwania) techniczne i opracowanie projektów technicznych budowy dróg może być polecane tylko osobom lub firmom, co do których stwierdzono, że swymi kwalifikacjami oraz poprzednio wykonanymi pracami dają dostateczną pewność należytego i terminowego wykonania pomiarów i projektów.

§ 20.

Zatwierdzanie projektów.

(1) Projekty dróg państwowych i wojewódzkich zatwierdza Ministerstwo Komunikacji, projekty dróg powiatowych właściwy urząd wojewódzki (wydz. kom. bud.), projekty zaś dróg gminnych właściwy urząd wojewódzki (wydz. kom. bud.) lub z upoważnienia tegoż kierownik właściwego powiatowego zarządu drogowego.

(2) Projekty budowy i przebudowy ulic miejskich, stanowiących przedłużenie dróg państwowych, wojewódzkich i powiatowych w miastach wydzielonych i niewydzielonych zatwierdzają urzędy wojewódzkie (wydz. kom. bud.), na terytorium zaś miasta Warszawy — Ministerstwo Komunikacji; projekty budowy i przebudowy innych ulic w miastach wydzielonych i na terytorium m. Warszawy zatwierdzają zarządy miejskie, w miastach zaś niewydzielonych — wydziały powiatowe (zarządy drogowe)

§ 21.

Podpisy na projekcie.

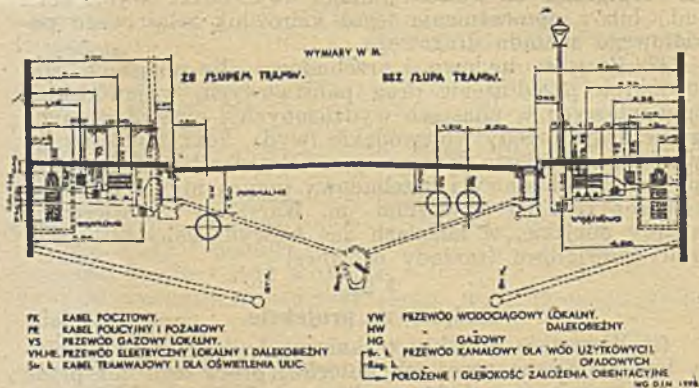
(1) Wszystkie projekty techniczne budowy dróg powinny być podpisane przez ich autorów, prócz tego zaś przez organy techniczne władzy nadzorczej, która projekty rozpatrywała, uzgadniała lub zatwierdzała

PLANOWANIE ULIC MIEJSKICH.

Przy planowaniu ulic miejskich należy sobie dokładnie zdawać sprawę z tego, czy rozważana ulica ma służyć jako główna arteria komunikacyjna, arteria przelotowa, wypadowa, obwodowa, jako ulica handlowa, mieszkaniowa, jako ulica w osiedlu i t. p. Każda projektowana ulica winna sta-

nowić cząstkę składową szczegółowo przemyślanej sieci ulicznej.

Sieć uliczna, jak również i każda z jej składowych winna umożliwiać: 1) ruch ekonomiczny, 2) ruch bez zatrzymań, 3) ruch bezpieczny. Ponadto sieć ta powinna umożliwiać racjonalną politykę budowlaną, opierając się na decentralizacji, możliwej obecnie dzięki samochodowi. Czynnikiem współdziałającym są: regulacja ruchu, budowa odpowiednich nawierzchni, zastosowanie odpowiednich przekrojów i spadków poprzecznych, poszerzenie istniejących ulic, budowa ulic odciążających, budowa wewnętrznych oraz zewnętrznych dróg obwodowych i t. p. Prócz tego należą tu jeszcze: budowa parkingów samochodowych, zmiana planu zabudowania w sensie wymagań ruchu samochodowego, stosowanie wszelkich środków wzmagających i ułatwiających ruch oraz zaniechanie wszystkiego, co ruch ten mogłoby zahamować.



Planowa rozbudowa ulic winna iść w następującym porządku: Na plan terenu, na którym naniesione są najnowsze granice posiadania oraz szkic zabudowania, nanosi się sieć ulic. Na planie tym zaznacza się szerokość jezdni i chodników, skrzyżowania, połączenia z istniejącymi ulicami, zadrzewienie, położenie placów publicznych i t. p.

Jednocześnie zostaje sporządzony plan nabycia grun-

tów z zaznaczeniem powierzchni terenów, potrzebnych pod budowę ulic. Plan urządzeń podziemnych obejmuje sieć kanalizacyjną z oznaczeniem studzienek ściekowych. Na planie tym nanoszone są następnie, po uzgodnieniu z resortowymi biurami, lub przedsiębiorstwami miejskimi, przewody wodociągowe, gazowe, elektryczne, telekomunikacyjne i inne. W razie trudności w porozumieniu się poszczególnych instytucji pośredniczy i rozstrzyga organ drogowy.

Opracowanie projektów ulic, opierając się na powyższych materiałach, powinno obejmować: plan sytuacyjny, przekrój podłużny, przekroje poprzeczne, przekrój normalny, obliczenie robót ziemnych, odwodnienie, oraz wszelkie szczegóły, wynikające z miejscowych warunków, jak mury oporowe, schody i t. p.

Na podstawie projektu ulicy sporządza się kosztorys, który stanowi podstawy do oddania robót wykonawcy oraz do rozliczenia się z adiacentami.

Celem równomiernego rozdziału kosztów adiacentów dzieli się ogólny koszt budowy ulicy na poszczególnych adiacentów, biorąc za podstawę długość frontu posesji.

Skuteczna walka z wypadkami na jezdni wymaga przeprowadzenia szczegółowej statystyki wypadków. Miejsce oraz rodzaj i ilość wypadków zaznacza się na planie miasta, co pozwala na stwierdzenie szczególnie niebezpiecznych miejsc i zastosowania odpowiednich środków zaradczych.

Na skrzyżowaniach szczególnie ruchliwych ulic winny być urządzone place odpowiedniej wielkości. O ile plac stanowi wylot dla czterech kierunków ulic, ruch na placu odbywa się przeważnie „na krzyż”, w razie konieczności przyjęcia ruchu z większej ilości kierunków, stosuje się obiegowy system ruchu.

Ruch przelotowy (tranzytowy) najkorzystniej jest kierować na specjalne arterie obwodowe, pozbawione o ile możliwości zabudowań. O ile to jest niemożliwe, ruch ten powinien być kierowany na ulice specjalnie do tego celu przeznaczone, które powinny odpowiadać pewnym warunkom:

1. Kierunki powinny być możliwie płynne, odznaczające się wyraźnie od ogólnej sieci ulicznej, z możliwym nominięciem węzłów podlegających „zakorkowaniu” oraz

zbyt licznych skrzyżowań z innymi ulicami (nadają się do tego celu ulice biegnące wzdłuż rzek).

Ulica tranzytowa powinna być tak założona by dawała przejeżdżającemu należyte i estetyczne wrażenie o mieście, przez które przejeżdża.

2. Spadki podłużne powinny być przystosowane do spadków obowiązujących na drogach państwowych.

Promienie luków powinny być dostosowane do istniejących zabudowań, nie powinny jednak, w miarę możliwości, schodzić poniżej 100 m.

3. Należy zastosować segregowanie ruchu wg. szybkości w ten sposób, by ruch najszybszy znajdował się pośrodku przekroju, najpowolniejszy zaś po jego bokach.

Przekrój poprzeczny powinien być tak skonstruowany, by ruch na sąsiadujących torach był skierowany w tę samą stronę. Wyjątkiem są tylko oba tory sąsiadujące ze sobą wzdłuż osi drogi.

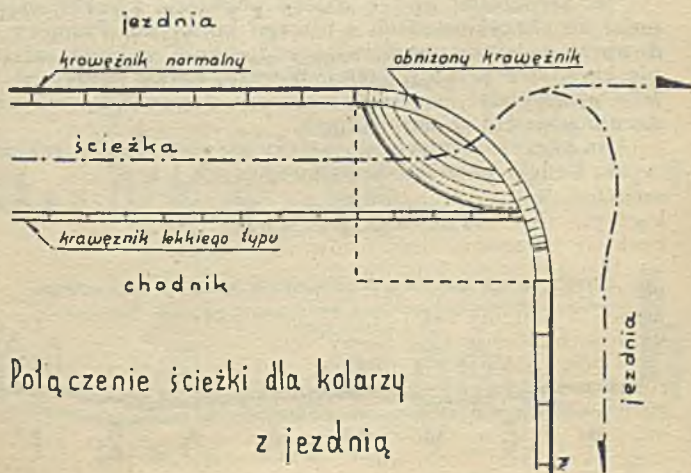
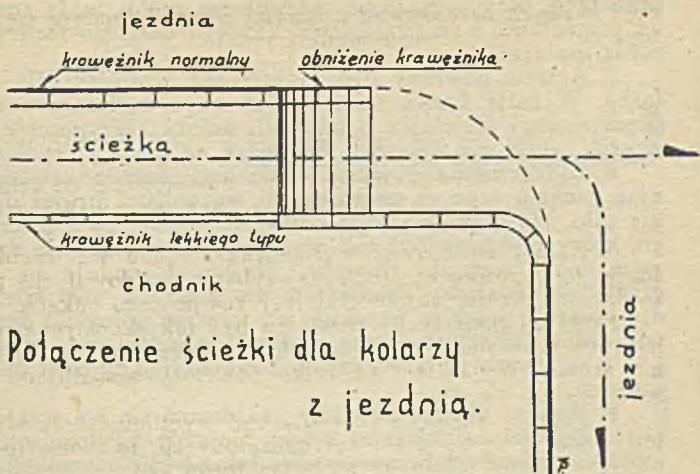
4. Pojazdy szynowe powinny być wyeliminowane z arterii tranzytowych, o ile zaś okazałoby się to niemożliwe, powinny poruszać się na osobnym torowisku.

5. Szerokość arterii tranzytowej wynika z natężenia ruchu i potrzebnej ilości torów oraz z przestrzeni, przeznaczonej na dodatkowe urządzenia, jak zadrzewienie, pasy dzielące poszczególne kategorie ruchu, miejsca postojowe (parkingi) i t. p. Szerokość arterii częstokroć jest zmienna w zależności od rozporządzalnej przestrzeni, która jest inna na odcinku podmiejskim, na peryferiach miasta i na śródmieściu.

6. Jezdnia powinna posiadać co najmniej 4 tory, celem umożliwienia wyprzedzania się pojazdów w obu kierunkach. O ile spodziewana jest większa liczba zatrzymujących się pojazdów, ilość torów wzrasta do 6.

Począwszy od 6 torów zalecany jest podział jezdni na pasy. Usuwa to z jednej strony monotonię zbyt szerokiej jezdni, z drugiej zaś pozwala na wyodrębnienie ruchu lokalnego i zmniejszenie liczby skrzyżowań.

Często stosuje się również podział jezdni na dwa kierunki przez umieszczenie pośrodku pasa działowego. O ile ruch odbywa się falami w pewnych kierunkach, zależnie od pory dnia, zachodzi potrzeba urządzenia dla każdego kierunku takiej ilości torów, jaka potrzebna jest dla przy-



jęcia fali. Należy tu jednak zaznaczyć, że dwa tory bez przeszkód, przy jednolitym charakterze ruchu, mają znaczną przelotność i że przelotność każdego dalszego toru jest coraz mniejsza.

7. Arterie powinny być zaopatrzone w ścieżki dla kolarzy. W razie braku miejsca, lub zbyt wielkiego ruchu poprzecznego (dzielnice handlowe), należy zrezygnować ze ścieżek, ruch zaś kolarski skierować na ulice równoległe.

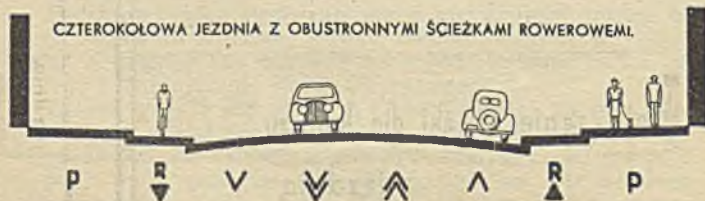
8. Zadrzewienie powinno harmonizować z nowoczesnym ruchem oraz ze zmienionymi warunkami projektowania ulic. Wymaga ono dodatkowej szerokości pasa ulicznego, który powinien być tak wybrany, żeby zapewnić drzewom dobre warunki rozwoju. Najlepiej nadaje się dla drzew pas pomiędzy chodnikiem dla pieszych, oraz ścieżką dla kolarzy, przez co uzyskuje się większą odległość drzew od jezdni. Odległość drzew od linii zabudowania wynosi 7 — 8 m. Można ją łatwo uzyskać zakładając ogródki przed domami.

9. Wyloty uliczne powinny znajdować się we wzajemnej odległości co najmniej 200 m. Dojazdy do domów najlepiej urządzać od bocznych ulic, lub od ulic równoległych do arterii przelotowej.

10. Szczególną uwagę należy poświęcić kwestii widoczności na skrzyżowaniach z ulicami bocznymi. Przepisy budowlane powinny umożliwiać widoczność w razie zaistnienia ogródków przed domami. W razie braku ogródków, należy przewidzieć ścięcie narożników domowych, lub urządzenia podcieni w narożnikach.

Na skrzyżowaniach nie należy stawiać słupów reklamowych, budek, poczekalni tramwajowych i t. p.

PRZEKRÓJ POPRZECZNY.



SZEŚCIOTOROWA

JEZDNIA Z OBUSTRONNIMI ŚCIEŻKAMI BOWEROWYMI I Z PRZEDOGRODKAMI
LUB BEZ PRZEDOGRODKÓW



JEZDNIA TRANZYTOWA

Z OBUSTRONNIMI JEZDNIAMI

LOKALNYMI, BOWERZYŚCI

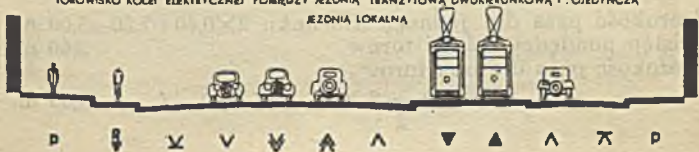
NA JEZDNIACH LOKALNYCH

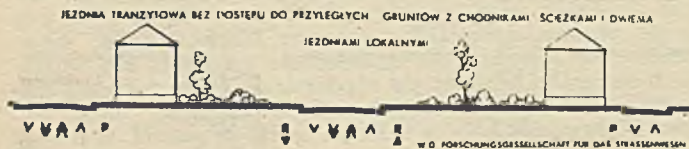


UKŁAD KIERUNKOWY Z OSOBNYM TOROWISKIEM DLA KOLEI
ELEKTRYCZNEJ ZE ŚCIEŻKAMI BOWEROWYMI POZA JEZDNIAMI
Z PRZEDOGRODKAMI I BEZ PRZEDOGRODKÓW



TOROWISKO KOLEI ELEKTRYCZNEJ POMIĘDZY JEZDNIĄ TRANZYTOWĄ DWUKIERUNKOWĄ I OJEDYNCZĄ
JEZDNIĄ LOKALNĄ





Przekrój poprzeczny ulicy należy projektować zależnie od jej przeznaczenia i wielkości ruchu. Szerokości wynoszą odpowiednio:

A. Jezdnie.

Tor postojowy	2,50 m.
Tor jezdny	3,00 m.

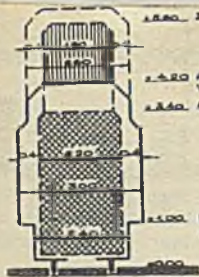
Przy szybkim ruchu samochodowym szerokość toru jezdnego należy zwiększyć. Największa stosowana szerokość toru wynosi obecnie 4,5 m.

B. Tramwaje.

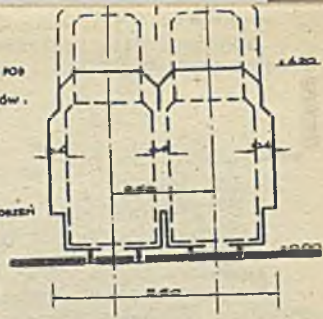
Szerokość wozów	2,20 m.
Pas bezpieczeństwa z każdej strony po	0,40 m.

Szerokość pasa dla jednego kierunku $2 \times 0,40 + 2,20 = 3,00$ m.
 Odstęp pomiędzy osiami torów 2,60 m.
 Szerokość pasa dla obu torów

$$\frac{2,60 + 2,20 + 2 \times 0,40}{2} = 5,60 \text{ m.}$$

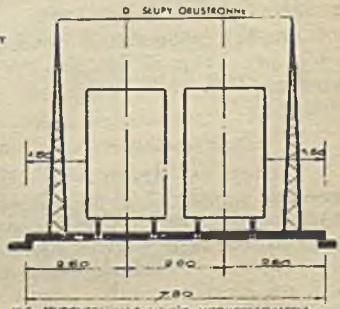
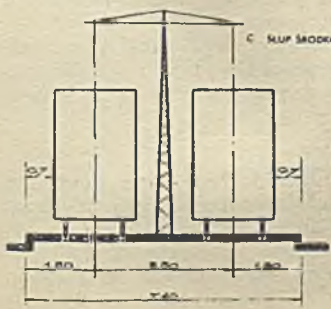
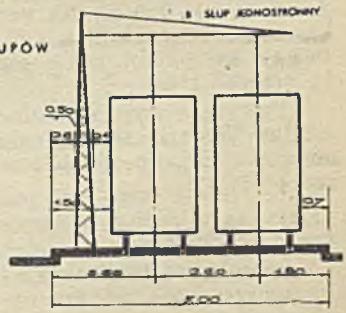
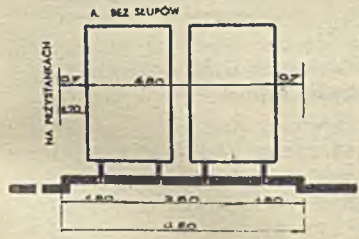


1.180. ZALÓŽENIE LESI.
 2.120. PAKET WYKONANCI PRZEWODU POD WŁADUKTAMI.
 3.160. PAKIETOWA WYKONANCI WÓZÓW.
 4.100. DOPUZZCZALNA WYKONANCI ODOBZEN I ZYHOZLOTÓW.



SKRAJNIA TABORU I BUDOWY

USTAWIENIE ŚLUPÓW



WG. STUDIENGESSELLSCHAFT FÜR AUTOMOBILPRZYSTAN-

Wymiary pasa potrzebnego dla tramwajów na własnym torowisku wynoszą:

	Na trasie	Na przy- stanku jednostr.	Na przy- stanku dwustr.
1. Bez słupów	6.20 m.	6.60 m.	7.00 m.
2. Słupy jednostr.	7.00 m.	7.00 m.	7.40 m.
3. Słupy między torami	7.10 m.	7.50 m.	7.90 m.
4. Słupy obustronne	7.80 m.	7.80 m.	7.80 m.

Na przystankach zwiększamy szerokość pasa bezpieczeństwa pomiędzy skrajnią obrysu a licem krawężnika z 070 m. na 1,10 m. Na przystankach o dużym ruchu poszerzenie to wzrasta z 1,10 m. do 1.40 m. W razie dostatecznej szerokości, poszerzenie może być rozciągnięte na całą długość trasy.

Powyższe wymiary odnoszą się do wozów o szerokości 2,20 m. W razie zastosowania szerszych lub węższych wozów wymiary się odpowiednio zmieniają.

C. Jeżeli szerokość pasa zajętego pod ulicę pozwala, należy na ulicach o intensywnym ruchu budować specjalne jezdnie rowerowe.

Sposoby rozmieszczenia jezdni rowerowych w przekroju poprzecznym podane są na rys. typowych przekrojów ulic.

D. Spadki poprzeczne.

Spadki poprzeczne jezdni winny być możliwie małe i nie przekraczać 2% do 2¹/₂% zależnie od rodzaju nawierzchni. Kształt przekroju — daszkowy z zaokrągleniem pośrodku.

F. Zadrzewienie.

Odstęp osi drzewa od linii zabudowania nie powinien schodzić poniżej 5.50 m. odstęp od zewnętrznej granicy krawężnika — 1,15 m. Odstęp wzajemny drzew w rzędzie zależy od rodzaju drzew, nie powinien jednakże spadać poniżej 10 m. Wysokość pnia winna wynosić 2,5 m. Odstęp linii od kanałów, lub przewodów gazowych — co najmniej 2,5.

OBLICZANIE ŚWIATŁA PRZEPUSTÓW I MOSTÓW

Przy projektowaniu obiektów drogowych (przepustów i mostów) musimy mieć obliczoną powierzchnię zlewni wody, powierzchnię zalesienia, długość zlewni i inne dane na podstawie których obliczamy ilość wody, dopływającej do danego obiektu. Powierzchnię dorzecza można określić z mapy względnie z planu sytuacyjnego z warstwicami.

Światła mniejszych obiektów drogowych, należy obliczać wg. wzoru zatwierdzonego przez Ministerstwo Komunikacji.

Przy obliczaniu jednak światła większych mostów wzór powyższy dałby nam wyniki niezgodne z rzeczywistością. Dlatego też ilość spływającej wody z danego dorzecza należy obliczyć na podstawie wzorów empirycznych inż. A. Pareńskiego, względnie prof. Iszkowskiego. Zasadnicza różnica w obu wzorach polega na różnym sposobie podejścia do obliczeń.

Inż. A. Pareński wychodzi zasadniczo z wielkości i cech danego dorzecza. W tym celu dzieli wszystkie rzeki na dwie grupy: (patrz: podr. Inż. Marynowskiego, str. 89).

„Grupa A. — rzeki rodzą się w górach jak Wisła. w zależności od wzniesienia dorzecza rzeki nad poziomem morza grupa ta dzieli się na VII kategorii.

Grupa B. — rzeki płyszczyznowe, do których autor zalicza wszystkie inne rzeki na obszarze Polski, dzieląc je na trzy kategorie, zależnie od topografii dorzecza.

Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową.

Dla grupy A. autor podaje następujący wzór:

$$Q = m P^{3/5} \text{ m}^3/\text{sek.}$$

Dla grupy B:

$$Q = m P^{2/3} \text{ m}^3/\text{sek.},$$

OBLICZENIE OTWORU PRZEPUSTU*

Powiat	Poziom krawędzi natypu m
Droga	Poziom dna przepustu m
Kilometr	Wysokość nasypu m
Nazwa strumienia	Szerokość otworu przepustu l = m
.....	Wysokość otworu u = m

Powierzchnia zlewni F = km²

Długość zlewni km

Powierzchnia lasów F_1 = km²

Stożek zalesienia $\frac{F_1}{F}$ =

Średni spadek całej doliny, względnie ogólna charakterystyka ukształtowania terenu:

Z tabl. Nr. 1 obieramy współczynnik ρ =

Z tabl. Nr. 2 obieramy współczynnik β =

Łoż wielkiej wody $Q = F \cdot \rho \cdot \beta$ = m³/sek

Zmierzony spadek łożyska na długości 200 m. powyżej i poniżej przepustu

Otrzymana z obliczenia ilość wielkiej wody zaleca się sprawdzić innym wzorem empirycznym odpowiadającym miejscowym warunkom.

Poprzeczny profil łożyska.

* Uwaga. Za względu na to, że obliczenie otworu przepustu drogowych nie różni się zasadniczo od obliczenia natych miarę na przepustach metalowych tylko podział wzdłuż i wzdłuż baryłki, przewidzianych wód tylko rozważa, może być używany do obliczenia otworu

Jeżeli poziom wody (W W) nie da się ustalić bezpośrednio na miejscu (np. na podstawie pozostałych znaków lub wskaźników wiarygodnych osób), wówczas oznacza się go za pomocą poziomów podanych wzorów empirycznych:

Ustalony próbnym poziom dopływającej wody	$h = \dots$	m
Powierzchnia przekroju przepływu	$f = \dots$	m ²
Zbliżony obwód	$p = \dots$	m
Promień hydrauliczny	$r = \frac{f}{p} = \dots$	m
W tablicy Nr. 4 znajdujemy współczynnik	$K = \dots$	
Srednia szybkość przepływu	$v = K \sqrt{r i} = \dots$	m/sek
	$v \cdot f = \dots$	m ³ /sek

Przyjęty poziom wody dopływającej należy uważać za właściwy wtedy gdy

$$v \cdot f = \approx Q$$

gdy różnica tych wielkości nie przekracza 5%.

Z profilu poprzecznego określamy największą głębokość

$$h = \dots \text{ m}$$

Tym sposobem otrzymuje się poziom, w którym należy założyć wyrównane dno łazyska przepływu.

Celem zmniejszenia spiętrzenia i szybkości przepływu w przepuście, można pogłębić dno tak, aby leżało ono poniżej najniższego punktu przekroju naturalnego i wtedy w obliczeniu przyjmując tę głębokość zwiększoną.

Z tablicy Nr. 3 obiwamy średnią szybkość przepływu wody w przepuście

Potrzebny przekrój przepływu	$f' = \frac{Q}{v' \cdot \sigma'}$	m ²
Szerokość otworu (dla otworów prostokątnych)	$l' = \frac{f'}{\sigma}$	m
Przyjęta szerokość otworu	$l = \dots$	m
Wobec tego	$\sigma = \frac{Q}{v \cdot l} = \dots$	m/sek
Powierzchnia przekroju przepływu	$f_0 = l \cdot \sigma = \dots$	m ²
Obwód zwilżony	$p_0 = l + 2a = \dots$	m
Promień hydrauliczny	$r_0 = \frac{f_0}{p_0} = \dots$	m
W tablicy Nr. 4 znajdujemy odpowiedni współczynnik	$K = \dots$	
Pochylenie dna przy dłuższych przepustach	$i_0 = \frac{v_0^2}{K^2 r_0} = \dots$	
Spiętrzenie u wlotu do przepustu (pierwsze przybliżenie)	$h' = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \dots$	m
Średnia szerokość spiętrzenia wyznaczona z profilu poprzecznego	$b = \dots$	m
Szybkość spiętrzonej wody u wlotu do przepustu	$v_1 = \frac{Q}{f + b^2} = \dots$	m/sek
Dokładna wartość spiętrzenia	$h = \frac{v_1^2 - v^2}{2g} = \dots$	m

Spiętrzenie to jest dopuszczalne ze względów terenowych, a więc szerokość otworu okazuje się wystarczającą

Spółczynnik „ μ ” przyjmuje się zależnie od kształtu czołowych ścian przyczółka — od 0,80 do 0,95.

Przyjęta wysokość otworu $w = \dots$ m czyni zadość wymaganiom przepisów co do wzniesienia dolnej krawędzi konstrukcji ponad zwierciadłem wody (spiętrzenie).

TABLICA Nr. 1*)

Wartość współczynnika μ

TABLICA Nr. 2

Wartość współczynnika β

Długość doręczna km	T e r e n z i e w n i			Stopień zalężenia	β
	gorzysły	pogórkowaty	plaski		
1	7,0	5,6	3,5	0	1,0
3	5,3	4,6	2,9		
5	4,8	3,8	2,4	1/4	0,9
7	4,0	3,2	2,0		
10	3,0	2,4	1,5	1/2	0,8
15	2,0	1,6	1,0	3/4	0,7
18	1,0	0,8	0,5		
Wartości pośrednie otrzymują się przez interpolację liniową.				1	0,6

* I U W A G I: 1) Dla krótkich dlin (do 3 km) o słabych zboczach, obciążeniu odpływu winno być zwiększone zależnie od stopnia przyczółkowości od 25% do 50%.

2) Dla granic terenu przepuszczalnych objętość odpływu może być zmniejszona od 25% do 50% w zależności od charakteru gruntu.

TABLICA Nr. 3

Granice średniej szybkości przepływu dla różnych rodzajów względnie sposobów wzmocnienia łożyska

Rodzaj i sposób wzmocnienia	Dopuszczalna średnia szybkość v_m m/s
1. Drobnny piasek lub ziemia nawiana.	0,3 — 0,5
2. Gruby piasek, glina, torf zbity	1,0 — 1,2
3. Zbity piasek, glina, drobnny żwir.	1,5
4. Gruby żwir lub i' zwięzły	1,8
5. Grunt kamienny lub wzmocniony brukiem pojedynczym	2,5
6. Grunt skalisty lub wzmocniony brukiem podwójnym	3,0
7. Łita skała zależnie od twardości	3,5 — 6,0
B. Koryta wykładane kamieniem	4,5

TABLICA Nr. 4

Wartość współczynnika K według Bazin'a

K_1 dla kanałów o ścianach z kamienia łamanego lub niewypłanionego betonu

K_2 dla kanałów ziemnych z brukowaniem skarpami

K_3 dla kanałów i rzek średnia regularnych

Prześn. hydrauliczny r	K_1	K_2	K_3	Prześn. hydrauliczny r	K_1	K_2	K_3
0,05	28,4	18,1	12,8	0,45	51,6	38,4	29,6
0,06	30,2	19,4	13,3	0,46	51,8	38,6	29,8
0,07	31,7	20,6	14,7	0,47	52,0	38,8	30,0
0,08	33,1	21,7	15,5	0,48	52,3	39,1	30,2
0,09	34,4	22,7	16,3	0,49	52,5	39,3	30,4
0,10	35,5	23,6	17,0	0,50	52,7	39,5	30,6
0,11	36,5	24,4	17,7	0,55	53,7	40,5	31,6
0,12	37,4	25,2	18,3	0,60	54,6	41,4	32,5
0,13	38,2	25,9	18,9	0,65	55,4	42,3	33,3
0,14	39,0	26,7	19,4	0,70	56,1	43,1	34,1
0,15	39,7	27,2	19,9	0,75	56,8	43,9	34,8
0,16	40,5	27,8	20,4	0,80	57,4	44,6	35,5
0,17	41,2	28,4	20,9	0,85	58,0	45,2	36,1
0,18	41,8	29,0	21,4	0,90	58,6	45,9	36,7
0,19	42,4	29,5	21,8	0,95	59,1	46,5	37,3
0,20	42,9	30,0	22,3	1,00	59,6	47,0	37,8
0,21	43,5	30,5	22,7	1,10	60,5	48,0	38,8
0,22	44,0	30,9	23,1	1,20	61,3	48,9	39,7
0,23	44,4	31,4	23,4	1,30	62,0	49,8	40,6
0,24	44,8	31,8	23,8	1,40	62,6	50,6	41,4
0,25	45,3	32,2	24,2	1,50	63,2	51,3	42,2
0,26	45,7	32,6	24,5	1,60	63,8	52,0	42,9
0,27	46,1	33,0	24,8	1,70	64,3	52,6	43,6
0,28	46,3	33,4	25,2	1,80	64,8	53,2	44,2
0,29	46,9	33,7	25,5	1,90	65,2	53,8	44,8
0,30	47,3	34,1	25,8	2,00	65,6	54,2	45,3
0,31	47,6	34,3	26,1	2,20	66,4	55,3	46,4
0,32	47,9	34,7	26,4	2,40	67,1	56,2	47,3
0,33	48,2	35,1	26,7	2,60	67,7	57,0	48,1
0,34	48,5	35,4	26,9	2,80	68,2	57,7	48,9
0,35	48,8	35,7	27,2	3,00	68,7	58,3	49,7
0,36	49,2	36,0	27,5	3,20	69,2	58,9	50,4
0,37	49,5	36,3	27,7	3,40	69,6	59,5	51,0
0,38	49,8	36,6	28,0	3,60	70,0	60,1	51,6
0,39	50,1	36,8	28,2	3,80	70,4	60,6	52,2
0,40	50,4	37,1	28,5	4,00	70,7	61,0	52,7
0,41	50,6	37,4	28,7	4,50	71,5	62,1	53,9
0,42	50,9	37,6	28,9	5,00	72,1	63,0	55,0
0,43	51,1	37,9	29,2	5,50	72,7	63,8	56,0
0,44	51,4	38,1	29,4	6,00	73,2	64,6	56,8

w których oznaczono przez
 Q — objętość przepływu w rzece lub potoku w m³/sek.,
 P — powierzchnia dorzecza w km².
 m — współczynnik charakteryzujący opad, topografię
i przepuszczalność, a obieramy z tablicy Nr. 17.

Wartość współczynnika m dla powierzchni dorzecza
od 1 do 500.000 km².

Tablica Nr. 17.

Rzeki	Katego- ria	Topografia dorzecza	Powierzchnia dorzecza w km ²						
			1	10000	20000	50000	100000	200000	500000
Grupa A. poczynające bieg w górach	I	Góry od 1500 m n. p. m.	21.0	20.60	20.20	19.00	17.00	13.00	1.00
	II	Góry od 1000 m do 1500 m	18.6	18.25	17.90	16.84	15.10	11.56	1.00
	III	Góry od 500 m do 1000 m	16.4	16.09	15.78	14.86	13.32	10.24	1.00
	IV	Przedgórza do 500 m	14.3	14.03	13.77	12.97	11.64	8.98	1.00
	V	Pagórki	12.5	12.27	12.04	11.35	10.20	7.90	1.00
	VI	Płaskizny	11.0	10.80	10.60	10.00	9.00	7.00	1.00
	VII	Płaskizny bagniste	10.0	9.82	9.64	9.10	8.20	6.40	1.00
Grupa B płaskiznowe	V	Jak VII A	3.5	3.45	3.40	3.25	3.00	2.50	1.00
	VI	Jak VI A	2.0	1.98	1.96	1.90	1.80	1.60	1.00
	VII	Jak V A	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Wartości podane w tablicy są wartościami średnimi,
odpowiadającymi danej kategorii rzek, i należy używać
ich tylko przy średnio przepuszczalnym dorzeczu.

Dla dorzeczy mało lub silnie przepuszczalnych należy
używać wartości granicznych górnych, względnie dolnych,
zależnie od przepuszczalności terenu.

Wartości graniczne spólczynnika m. dla 1 km ² będą:							
dla grupy A i kat.	dorzecza	I	II	III	IV	V	VI VII
	górna	22.2	19.8	17.5	15.4	14.4	11.7 10.5
	wart. gran.						
	dolna	19.8	17.5	15.4	13.4	11.7	10.5 9.5
dla grupy B. i kateg.		V	VI	VII			
	górna	4.4	2.8	1.5			
	wart. gran.						
	dolna	2.8	1.5	1.0			

Objętość wielkich wód w potokach o wielkości dorzecza, w grupie A, mniejszej aniżeli 150 km², a w grupie B mniejszej aniżeli 250 km², należy liczyć wartością graniczną górną, względnie wartością o pół kategorii wyższą, np. objętość w. w. w potoku o 100 km² dorzecza w wysokości od 500 do 1000 m. np. morza, którego dorzecze jest mało przepuszczalne należy liczyć spólczynnikiem 18,6, przy średnio przepuszczalnym dorzeczu — spólczynnikiem 17,5, a przy silnie przepuszczalnym — spólczynnikiem 16,4. Podobnie w grupie B.

Przepuszczalność terenu należy indywidualizować zależnie od kategorii dorzecza. Np. w kategorii I A, II A, III A i IV A, należy uważać za dorzecze nieprzepuszczalne lub mało przepuszczalne iglice skaliste, skały i kopuły o skalistym podłożu — średnio przepuszczalne, formy od iglic do kopuły i kopuły zalesione oraz zbudowane ze starych utworów, względnie o podłożu zbudowanym z utworów starszych aż do ilów włącznie, silnie przepuszczalne kopuły i płaszczyzny mało zalesione, lub wcale niezalesione i zbudowane z utworów młodszych, począwszy od trzeciorzędu, a w kategorii VII B. jako mało przepuszczalne dorzecza mające do 20% bagna (Turcja, Styr, Horyń), średnio przepuszczalne mające od 20% do 50% bagna (Prypeć), silnie przepuszczalne, mające wyżej 50% bagna i moczarów (Jasiołda, Bobrik, Słucz Litewska, Struga).

Dorzecza większe jak 20,000 km² należy liczyć stale wartościami średnimi, podanymi w tablicy 17".

Odmienny sposób obliczania maksymalnej ilości wody spływającej z danego dorzecza podaje prof. Iszkowski.

„Autor bierze za podstawę do obliczenia średnią arytmetyczną

tyczną wodę Q_0 w normalnym roku, (patrz. podr. Inż. Marynoskiego, str. 94).

Wprowadzając następujące oznaczenia:

h — wysokość warstwy średniego rocznego opadu w m.

P — powierzchnia dorzecza w km^2 ,

Ch i Cm — współczynniki odpływu,

u — moduł dorzecza,

v — współczynnik jakości i wielkości dorzecza,

średnia arytmetyczna woda w norm. roku będzie:

$$Q = \frac{1.000.000 \text{ Ch. h. P}}{365.24.60.60} = 0,03171 \text{ Ch.h.P m}^3/\text{sek.}$$

a stąd:

1. Absolutnie najmniejszy odpływ $Q_1 = 0,2.v.Q_0 \text{ m}^3/\text{sek.}$

2. Średnio arytmetyczny odpływ najmniejszych odpływów z szeregu lat.

$$Q_2 = 0,4.v.Q_0$$

3. Robocza woda — odpływ w normalnym roku najdłużej trwającej

$$Q_3 = 0,7.v.Q_0$$

4. Odpływ absolutnie największej wody

$$Q_4 = C_m.u.h.P$$

Tablica 18.

Wartości współczynnika u (moduł dorzecza).

P km ²	μ	P km ²	μ	P km ²	μ	P km ²	μ	P km ²	μ
1	10.0	200	6.87	1.400	4.320	8.000	3.060	110.000	1.980
10	9.5	250	6.70	1.600	4.145	9.000	3.038	120.000	1.920
20	9.0	300	6.55	1.800	3.960	10.000	3.017	130.000	1.855
30	8.5	350	6.37	2.000	3.775	20.000	2.909	140.000	1.790
40	8.23	400	6.22	2.500	3.613	30.000	2.801	150.000	1.725
50	7.95	500	5.90	3.000	3.450	40.000	2.693	160.000	1.650
60	7.75	600	5.60	3.500	3.350	50.000	2.575	170.000	1.575
70	7.60	700	5.35	4.000	3.250	60.000	2.470	180.000	1.500
80	7.50	800	5.12	4.500	3.200	70.000	2.365	190.000	1.425
90	7.43	900	4.90	5.000	3.125	80.000	2.260	200.000	1.350
100	7.40	1.000	6.70	6.000	3.103	90.000	2.155	225.000	1.175
250	7.10	1.200	4.515	7.000	3.082	100.000	2.050	250.000	1.000

względnie dla dorzeczy rozpadających się na części o różnych wartościach C_m i h .

$Q_4 = u \cdot (C_{m1} \cdot h_1 \cdot P_1 + C_{m2} \cdot h_2 \cdot P_2 + \dots + C_{m^n} \cdot h^n \cdot P^n)$,
gdzie u — w tym wypadku znaleźć należy z Tabl. 18, dla łącznej powierzchni dorzecza

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n.$$

Wartości współczynników Ch , C_m i u podają poniższe tablice 18 i 19.

Wartości współczynników Ch C_m .

Tablica 19.

L. p.	Topograficzne oznaczenie terenu	Ch	Cm dla dorzecz. kategori			
			I	II	III	IV
1	Bagna, niziny	0.20	0.017	0.030	—	—
2	Płasczyzny i płasko-wzgórza	0.25	0.023	0.040	—	—
3	Płasczyzny w połączeniu z pagórkami	0.30	0.030	0.055	—	—
4	Pagórki o łagodnych stokach	0.35	0.035	0.070	1.125	—
5	Stromsze pagórki i przegórza	0.40	0.040	0.082	0.150	0.400
6	Wzrórza jak Erdeny, Eifel, Westerwald, wogóle wysoki większych pasm gór średnich	0.45	0.045	0.100	0.190	0.450
7	Wzgórza jak: Harb, Turyngski las, Frankoński las, Rhön, średnio	0.50	0.050	0.120	0.225	0.500
8	Czarny las, Wogezy, Beskidy, średnio:	0.55	0.055	0.140	0.290	0.500
9	Najwyższe góry wedle stromości max.	0.60	0.060	0.160	0.360	0.600
		0.65	0.070	0.185	0.460	0.700
		0.70	0.080	0.210	0.600	0.800

Wybór wartości C_m z Tablicy Nr. 19, prof. Iszkowski określa następująco:

Kategoria A. Dorzeczce o silnie przepuszczalnym terenie przy średniej roślinności.

1) dla $P = 1000 \text{ km}^2$ przyjmować C_m z kolumny II
tylko dla gleb bardzo przepuszczalnych żwi-
rowych lub grubego piasku z kolumny. I

2) dla $P = 1000-4000 \text{ km}^2$ kombinacja z kolum. I i II

3) dla $P = 4000 \text{ km}^2$ — z kolumny I

Kategoria B. Dorzecze średnio przepuszczalne, gór-
skie lub pagórkowate, o silnej roślinności (ziemie uprawne)

1) dla terenu płaskiego lub falistego z kolumny II

2) dla terenu wyższego przy P do 150 km^2 z kolumny III

3) dla terenu wyższego przy $P = 150-1000 \text{ km}^2$
komb. z kolumny II i III

4) dla terenu wyższego przy $P=1000-4000 \text{ km}^2$
komb. z kolumny I i II

5) dla terenu wyższego przy $P \geq 4000 \text{ km}^2$
komb. z kolumny I

Kategoria C. Dorzecze nieprzepuszczalne, górzyste lub
pagórkowate przy średniej roślinności wogóle stosować
należy kolumny III

1) Przy większych wzniesieniach ponad poziomem
morza dla P do 5000 km^2 z kolumny II

Przy większych wzniesieniach ponad pozio-
mem morza dla $P=5000-12000 \text{ km}^2$ komb. z kol. III i IV

Przy większych wzniesieniach ponad pozio-
mem morza dla $P=12000 \text{ km}^2$ komb. z kolumny I i II

2) Przy stromych stokach dla P do 50 km^2 z kol. IV

Przy stromych stokach dla $P=50-300 \text{ km}^2$ z kol. IV"

Oba te sposoby obliczeń dają nam zasadniczo zbliżo-
ne do siebie wyniki, które jednak w każdym razie nale-
ży ze sobą porównywać.

W ten sposób określona maksymalna ilość wody do-
pływającej do danego mostu pozwala nam obliczyć jego
rozpiętość.

Obliczenie światła większych mostów zależne jest od
przyjętych założeń teoretycznych i od warunków miej-
scowych jak teren, dopuszczalne spiętrzenie, rozmycie po-
sadowienia podpór, charakteru rzeki i t.d. wymaga zatem
każdorazowo dla danego obiektu specjalnego opracowania.

OBOWIĄZANE NORMY OFICJALNE WŁOSY

I. Pojemność pojemności (N. P. N. U. L. x 100) (L. 2)

Dopuszczalne względne tolerancje	Dopuszczalne względne tolerancje	Dopuszczalne względne tolerancje	Dopuszczalne względne tolerancje
0,05	0,05	0,05	0,05
0,10	0,10	0,10	0,10
0,15	0,15	0,15	0,15
0,20	0,20	0,20	0,20
0,25	0,25	0,25	0,25
0,30	0,30	0,30	0,30
0,35	0,35	0,35	0,35
0,40	0,40	0,40	0,40
0,45	0,45	0,45	0,45
0,50	0,50	0,50	0,50
0,55	0,55	0,55	0,55
0,60	0,60	0,60	0,60
0,65	0,65	0,65	0,65
0,70	0,70	0,70	0,70
0,75	0,75	0,75	0,75
0,80	0,80	0,80	0,80
0,85	0,85	0,85	0,85
0,90	0,90	0,90	0,90
0,95	0,95	0,95	0,95
1,00	1,00	1,00	1,00

DZIAŁ III

U w a g a: 1) Wzrost dopuszczalnych tolerancji... 2) Wzrost tolerancji...

OBOWIĄZUJĄCE NORMY OBCIĄŻENIA WOZÓW.

I. Pojazdy konne.

Szerokość obręczy kół pojazdów winna być taka, aby ciśnienie kół nie przekraczało 150 kg. na centymert bieżący szerokości obręczy. (Rozporz. M. R. P. i M. S. Wewn. z dnia 26.VI.1924 r. § 6 Nestorowicz t. II. str. 139).

Tablica szerokości obręczy czterokołowych wozów i dopuszczalnych ciężarów (Załącznik do Okólnika M. R. P. z dn. 8.II.1928 r. Nr. XI-225. Nestorowicz t. IV str. 419).

Szerokość obręczy kół w centymetrach	Dopuszczalny ciężar wozu w kilogramach	Szerokość obręczy kół w centymetrach	Dopuszczalny ciężar wozu w kilogramach
3,5	2.100	10,0	6.000
4,0	2.400	10,5	6.300
4,5	2.700	11,0	6.600
5,0	3.000	11,5	6.900
5,5	3.300	12,0	7.200
6,0	3.600	12,5	7.500
6,5	3.900	13,0	7.800
7,0	4.200	13,5	8.100
7,5	4.500	14,0	8.400
8,0	4.800	14,5	8.700
8,5	5.100	15,0	9.000
9,0	5.400	15,5	9.300
9,5	5.700	16,0	9.600

U w a g i: 1) Jako dopuszczalny ciężar należy rozumieć ciężar własny wozu wraz z ładunkiem.

II. Pojazdy mechaniczne.

(Rozporządzenie M. K., M. S. Wewn. i M. S. Wojsk z dn. 27.X. 1937 r. Dz. U. R. P. Nr. 85/1937 r. p. 616).

§ 7. 1) Przy pojazdach mechanicznych dwuosiowych naciśk jednej osi (wraz z dopuszczalnym ładunkiem) nie może przekraczać 8 ton, a nacisk drugiej 6 ton, przy rozstawie osi nie mniejszym niż 3 m.

2) Przy pojazdach mechanicznych wieloosiowych lub pojazdach mechanicznych z przyczepkami nacisk i rozstaw dowolnych dwóch sąsiednich osi powinien odpowiadać warunkom ust. 1. Nacisk zaś i rozstaw pozostałych osi powinien być unormowany tak, aby na każdy 1 m. bieżący długości pojazdu przenoszący obciążenie na daną oś, przypadało nie więcej niż 1,5 tony obciążenia, jednak pod warunkiem, aby jedna oś wywierała nacisk nie większy niż 6 ton.

3) Jeżeli rozstaw osi pojazdów mechanicznych dwu lub wieloosiowych lub pojazdów mechanicznych z przyczepkami jest mniejszy niż 3 m. dla wszystkich osi, należy obliczać dopuszczalne obciążenie według norm ust. 2.

4) Jako długość, przenosząca obciążenie na daną oś, uważa się przy osiach pośrednich połowę sumy jej odległości od osi sąsiednich, przy osiach zaś skrajnych połowę odległości osi skrajnej od sąsiedniej plus odległość od początku lub końca pojazdu. Wymienioną wyżej długość, przenoszącą obciążenie na daną oś, oblicza się z zaokrągleniem w dół do połówek metrów lub całych metrów.

5) Osie podwójne (bliźniacze) traktuje się pod względem wspólnego ich nacisku jako jedną oś, pod warunkiem równomiernego rozłożenia na nie ciężaru przez zastosowanie wahliwego zawieszenia. Rozstaw osi podwójnych (bliźniaczych) mierzy się od środka ich wspólnego zawieszenia.

6) Powyższe normy nacisków i rozstawów osi mogą być przekraczane tylko za specjalnym pozwoleniem wojewódzkiej władzy administracji ogólnej, ustalającej w tym przypadku warunki używania pojazdu mechanicznego.

7) Przepisów ust. 1—6 nie stosuje się do walców i innych maszyn drogowych oraz rolniczych.

§ 8. 1) Używanie metalowych obręczy kół dopuszczalne jest tylko przy pojazdach mechanicznych, które nie mogą rozwijać szybkości większej niż 10 km. na godzinę. Nie dotyczy to specjalnych pojazdów wojskowych.

2) Krawędzie metalowych obręczy pojazdów mechanicznych powinny być stępione, a stykająca się z jezdnią powierzchnia tych obręczy — zarówno jak zewnętrzna powierzchnia pędnych wstęp pojazdów gąsienicowych — nie może posiadać nierówności, niszczących nawierzchnię drogi.

3) Pojazdy mechaniczne, przeznaczone do robót rolnych, a korzystające z dróg publicznych tylko okolicznościowo, mogą nie czynić zadość warunkom ust. 2, jednak w żadnym przypadku nie powinny powodować nadmiernego niszczenia nawierzchni drogi.

4) Szerokość obręczy pojazdów mechanicznych powinna być taka, aby ciśnienie na 1 cm. bieżącej szerokości obręczy przy największym dopuszczalnym obciążeniu pojazdu nie przekraczało 80 kg. przy obręczach metalowych lub 100 kg. przy obręczach gumowych.

5) Przy pojazdach, zaopatrzonych w pneumatyki, za szerokość obręczy uważa się szerokość protektora opony względnie szerokość śladu koła przy normalnym napompowaniu opony.

Obrysie pojazdów drogowych.

I. Pojazdy konne (Rozp. M. R. P. i M. S. Wewn. z dn. 26.VI.1924 r. — Nestorowicz, t. II, str. 139).

Obrys pojazdu, to jest szerokość jego, łącznie ze wszystkimi występami, lub szerokość ładunku pojazdu, będącego w ruchu na drodze publicznej, nie może przekraczać 2,5 m, o ile nie otrzymano zezwolenia właściwego zarządu drogowego.

Wysokość pojazdu z ładunkiem nie może przekraczać 4 m. nad powierzchnią drogi.

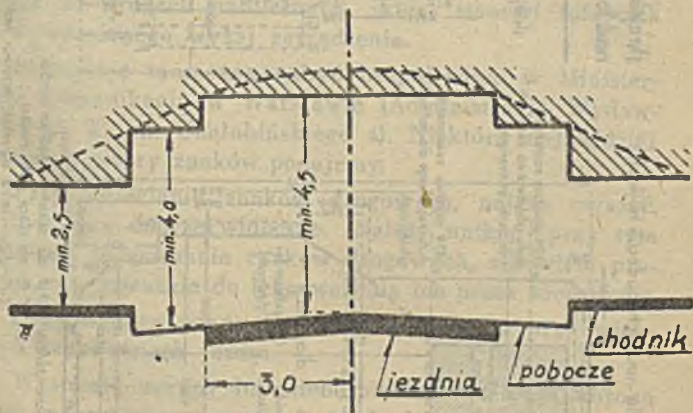
II. Pojazdy mechaniczne (Rozp. M. K., M. S. Wewn. i M. S. Wojsk. z dn. 27.X.1937 r. — Dz. Ust. R. P. Nr. 35 z 1937 r. poz. 616).

Do ruchu na drogach publicznych nie mogą być dopuszczone pojazdy mechaniczne, których szerokość przekracza 2,5 m, a wysokość 4 m.

Skrajnia drogowa.

Wysokość wolnej przestrzeni nad jezdnią drogową winna wynosić najmniej 4,5 m. nad jej poziomem wzdłuż osi drogi. Na drogach z jezdnią dwutorową wysokość przestrzeni wolnej (4,5 m.) powinna być utrzymana pod przejazdami sklepieniami na szerokość 6,0 m, licząc po 3,0 m. w każdą stronę od osi drogi. Nad poboczami wysokość ta może być zmniejszona ze względów konstrukcyjnych o 0,5 m.

(Przepisy techniczne projektowania dróg Min. Kora. Nr. K 1 § 5).

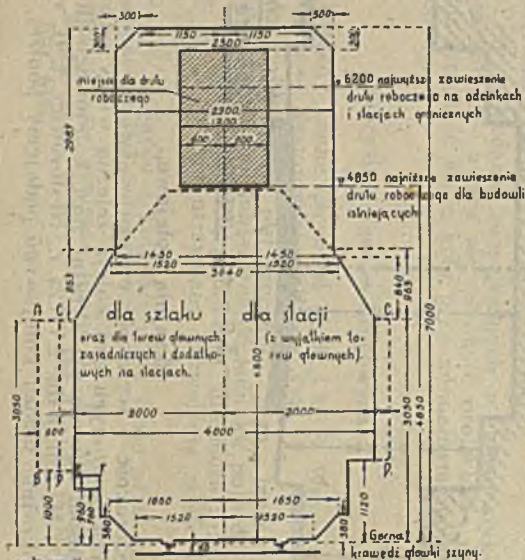


Skrajnia kolejowa.

Szerokość i wysokość otworu w świetle mostów drogowych położonych nad koleją żelazną winny odpowiadać przepisom dotyczącym skrajni toru kolejowego (Rozp. M. R. P. i M. Kol. z dn. 2.VII.24 r., Nestorowicz, t. II, str. 197).

Skrajnie taboru kolejowego podajemy poniżej.

skrajnia normalna dla nowych budowli lekkich

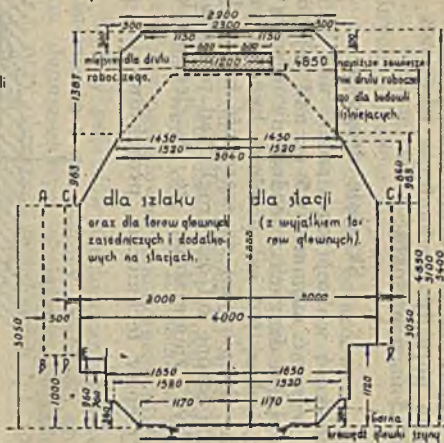


Poszerzenie skrajni: (A B dla szlaku z wyjątkiem mostów
(C D dla stacji i dla mostów

E F dopuszczalna wysokość peronów nad głowką szyny w obrębie węża warszawskiego i na odcinkach podmiejskich elektryfikowanych.

skrajnia dla budowli nad torami na liniach o trakcji elektrycznej z siecią górną

skrajnia obniżona dla nowych budowli ciężkich.



wymiary w milimetrach

ZNAKI DROGOWE.

Właście znakowanie dróg ma bardzo ważne znaczenie tak dla orientacji podróżnych, jak i dla bezpieczeństwa ruchu.

Zarządzeniem Ministra Komunikacji z dn. 29 marca 1938 r. Nr. D. R. 116-7/1 została unormowana sprawa znakowania dróg w Polsce. Zarządzenie to wprowadza jednolite znakowanie oparte na konwencji międzynarodowej. Wzory znaków drogowych oraz przepisy normujące sposób ustawienia znaków zawarte są w „Instrukcji” o znakach drogowych i urządzeniach ostrzegawczo-zabezpieczających na drogach publicznych, która stanowi załącznik do wymienionego wyżej zarządzenia.

Instrukcję tę można nabyć bezpośrednio w Ministerstwie Komunikacji, w Warszawie (Administracja Wydawnictw M. K., ul. Chałubińskiego 4). Niektóre najbardziej stosowane wzory znaków podajemy.

Przy ustawianiu znaków drogowych, należy uważać, by były one dobrze widoczne. Należy unikać przy tym zbyt dużego zagęszczenia znaków drogowych, albowiem prowadzi to przeważnie do lekceważenia ich przez kierowców.

Drogowskazy winny być dobrze widoczne przy większych szybkościach jazdy.

Wysokość nasypy lub niebezpieczeństwo poza koroną drogi znaczymy przez ustawienie słupków. Słupki nie mają za zadanie zatrzymywania pojazdów w razie katastrofy, raczej mają znaczenie ostrzegawcze.

Dla zabezpieczenia stoczenia się pojazdu poza koronę drogi służą bariery — poręcze odpowiednio mocno skonstruowane. W ostatnich czasach zaczęto stosować poręcze sprężyste.

Znaki ostrzegawcze



Wyprowadzane mostki
i poprzeczne ścieki
przez drzewo



Ostre lub niewidoczne
zakręty



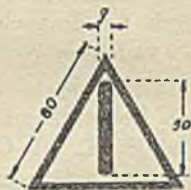
Skrzyżowania
i rozwidlenia dróg



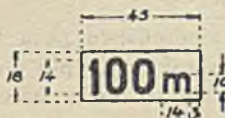
Zamykane przejazdy
kolejowe



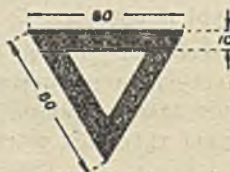
Niezamykane przejazdy
kolejowe



Wszelkie inne niebezpieczne
miejsca/kłose nie mogą być
wskazane znakami poprzed-
niemi/



Tabliczki do umieszczenia pod
znakami w razie ich usłownienia
bliżej niż 150 m od przeszkody



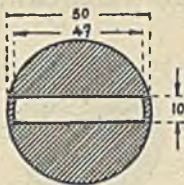
Droga z przeważaniem
przejazdu

Uwaga: obwódki i znaki czarne na żółtym tle tarczy.

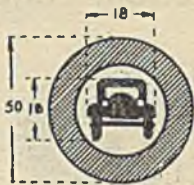
Znaki zakazu i ograniczenia ruchu.



Zakaz przejazdu
wszelkich pojazdów



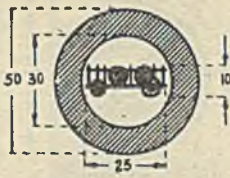
zakaz wjazdu przy
ruchu jednokierunkowym



zakaz przejazdu
samochodów



Zakaz przejazdu
samochodów —
ciężarowych



Zakaz przejazdu
wozów ciężarowych



Zakaz przejazdu
wozów konnych.






Zakaz przejazdu
wszelkich pojazdów
o wadze ponad
określoną normę



Zakaz przekroczenia
określonej normy
szybkości jazdy



Zakaz przekroczenia
normy szybkości przez
samochody ciężarowe.

Uwaga: kolor znaków; czerwony  czarny  biały 
Wymiary w centymetrach.

241. Prępmoszyki T.

Znaki zakazu i ograniczenia ruchu



Zakaz przekroczenia normy szybkości przez samochody



zakaz zatrzymywania się pojazdów i oczekiwania



Zakaz pozostawiania pojazdów dla postępu



Znak zakazujący zawracania (możliwość zajmowania całej / szerokości jezdni).

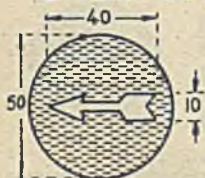


Zakaz używania sygnałów dźwiękowych



Zakaz wyprzedzania

Znaki obowiązującego nakazu



Znak obowiązującego kierunku jazdy



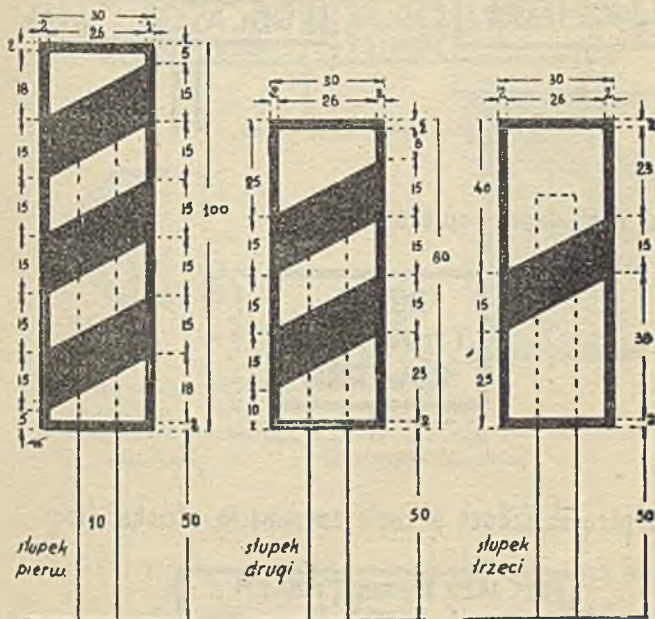
Znak obowiązkowego zatrzymania się przed urzędem celnym



Znak nakazujący ruch prawostronny na granicy polsko-czechosłowackiej

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| kolory _ | czerwony | niebieski |
| _znaków | czarny | biały |

Ślupki wskaźnikowe



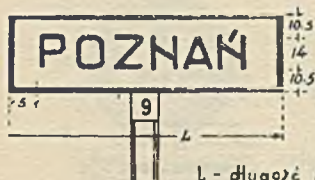
Ustawiane między znakiem ostrzegawczym, przed przejazdem nie zamykanym rogatką, a zamykanym przejazdem.

Wskaźniki malowane kolorem czerwonym na białym tle tarczy.

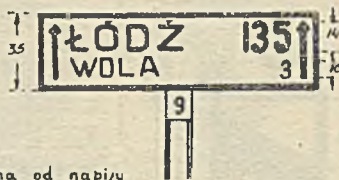
Wymiary w centymetrach.

ryt. Przymanowski T.

tablica miejscowości

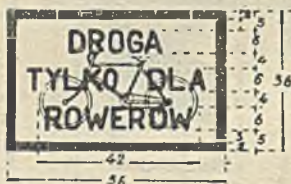


tablica wskaźnikowa



L - długość zależna od napisu

tablica dla drogi rowerowej



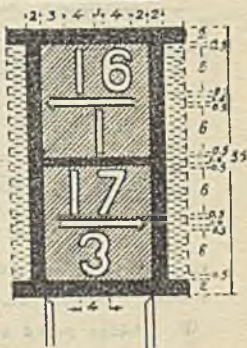
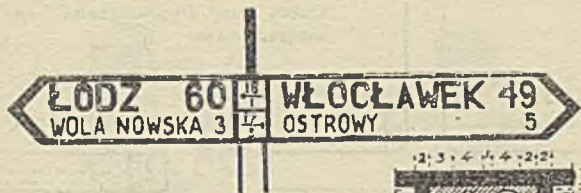
tablica przy objazdach w razie zamknięcia odcinka drogi



- x) podawać nazwę miejscowości na drodze częściowo zamkniętej, w której objazd łączy się z drogą
- xx) Strzałka w prawo lub w lewo zależnie od kierunku, w którym należy ruch skierować.
- xxx) podawać główne miejscowości objazdu.


Uwaga: litery i obwódki, czarne na szarym tle tarczy.


drogowskaz



litery i obwódki czarne na żółtym tle
drogowskazu

Nr. drog - białe na białym tle.

 kolor żółty

 kolor czerwony



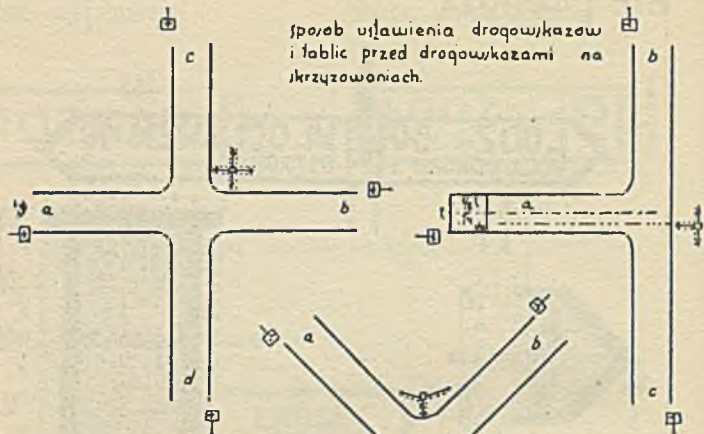
tablice przed
drogowskazami



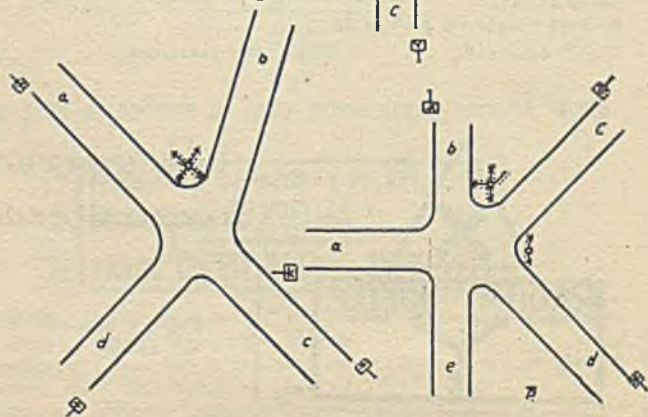
litery i obwódki czarne
na żółtym tle tablic

znaki informacyjne

sposób ustawienia drogowykazow
i tablic przed drogowykazami na
skrzyzowaniach.



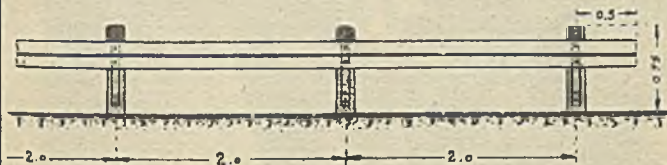
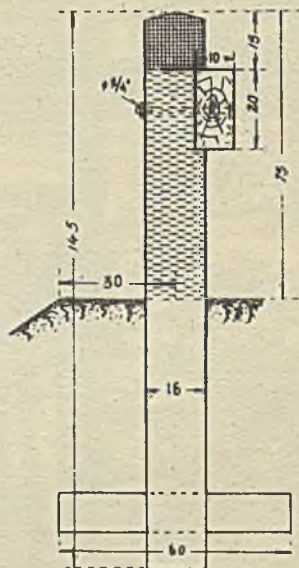
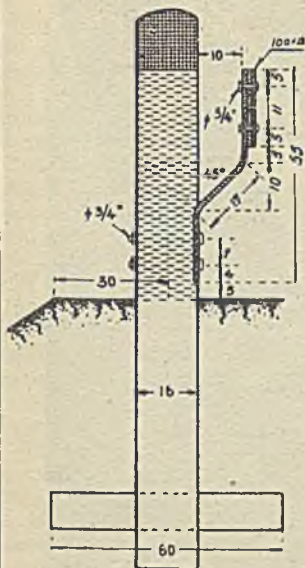
- drogowykaz jednostronny
- dwustronny
- tablica przed drog.





Poręcze

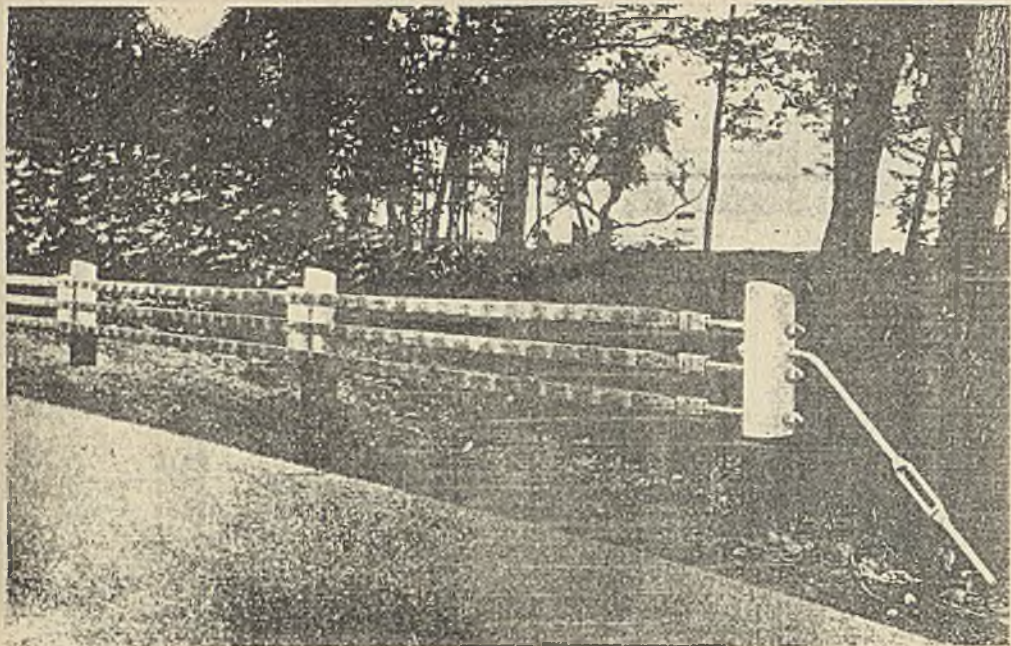
sprężyste

drewniane



Poręcze malowane kolorem białym.

Stępki - kolorem czerwonym  i popielatym 



Poręcz sprężysta z pasów z drutu stalowego.

REGULOWANIE RUCHU.

Ruch na drogach i ulicach wzrasta stale i z tego powodu wymaga zastosowania wszelkich możliwych środków, które by ruch ten ułatwiały, chroniły go od zatrzymań i przerw oraz zapewniały mu możliwie wysoki stopień bezpieczeństwa. Czynnikiem pierwszorzędного znaczenia jest tu odpowiednie „wychowanie komunikacyjne“, które jest niezbędne nie tylko dla kierowców pojazdów, lecz również i dla wszystkich użytkowników dróg, a więc dla całego społeczeństwa. W niektórych państwach, jak np. w Niemczech, przepisy ruchu są włączone do kursu szkół powszechnych i średnich.

W miastach i na odcinkach podmiejskich wymagany jest nie tylko nienaganny stan nawierzchni oraz należyta ich szerokość, lecz również i odpowiednie oświetlenie dróg. Dzięki ostatnim zdobyczom techniki oświetleniowej, jak światło sodowe i rtęciowe, oświetlenie dróg nie napotyka na tak wielkie trudności, zwłaszcza że np. światło sodowe zużywa 3 razy mniej prądu niż zwykle żarówki.

Ponadto stosuje się w miastach regulowanie ruchu ręcznie lub mechanicznie. W wypadku ręcznego regulowania należy umieścić policjanta regulującego ruch w takim miejscu, by był on przez wszystkich nadjeżdżających dobrze widoczny. Dla zwiększenia widoczności, która spada znacznie o zmierzchu, podczas mgły i deszczu, stosuje się oświetlenie osoby regulującej ruch, białe rękawiczki, białe palczki, białe mankiety, a czasem nawet białe rękawy, lub białe mundury.

Przy silnym ruchu sposoby te jednak również okazały się niedostateczne, wobec czego obecnie przechodzi się do sygnałów świetlnych. Ogólnie przyjętą jest sygnalizacja trójbarwna o okienkach: czerwonym, pomarańczowym i zielonym. Gdy ruch w danym kierunku jest wstrzymany, zapala się światło czerwone, przed puszczeniem ruchu zapala się światło pomarańczowe, dla poinformowania użytkowników, że wkrótce nastąpi zmiana kierunku ruchu, poczym zapala się światło zielone, na znak „jazda“. Przed wstrzymaniem ruchu zapala się znowu światło pomarańczowe, co oznacza, że tylko te pojazdy mogą jechać dalej, które znajdują się już w obrębie skrzyżowania, inne muszą się zatrzymać.

Początkowo sygnały świetlne były obsługiwane przez osobnych policjantów, osatnio coraz więcej miast przechodzi na zautomatyzowane sygnały świetlne. W wypadku tym szereg sygnałów świetlnych połączony jest z centralnym mechanizmem, który reguluje kolejność i czas zmian światła według pewnego przyjętego porządku. Sposób ten daje jednak tylko wtedy zadawalające rezultaty, o ile ruch składa się z jednostek o szybkości mniej więcej ujednostajnionej. Mniej nadaje się przy ruchu mieszanym.

Obecnie wchodzi w użycie sygnały świetlne, połączone z odpowiednimi przyciskami, umieszczonymi w jezdni. Pojazd, naciskając przycisk zapala dla siebie światło zielone, blokując kierunek boczny światłem czerwonym.

Znaki drogowe, opisane w poprzednim rozdziale, dopełniają środki, służące do regulowania i orientacji ruchu.

ZNAKOWANIE DRÓG PODCZAS ROBÓT DROGOWYCH.

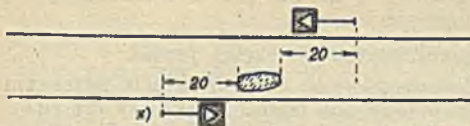
Roboty na drodze mogą się odbywać:

- a) Przy ruchu utrzymanym na całej szerokości jezdni.
- b) Przy ruchu ograniczonym do części jezdni.
- c) Przy ruchu zamkniętym.

W każdym wypadku należy zabezpieczyć ruch przez odpowiednie znakowanie.

a) Przy ruchu utrzymanym.

1. W razie prowadzenia zupełnie drobnych robót na jezdni (np. wykonywanie drobnych łat) lub na poboczach (np. tłuczka kamieni) i chodnikach, które stanowią tylko niewielkie miejscowe przeszkody dla ruchu, jednak pozostawiają dostateczną ilość miejsca na ruch w obu kierunkach, wystarczy przed miejscem robót na około 20 m. na prawym poboczu, (patrzac w kierunku ruchu) ustawić znak zalecającej ostrożności, czyli niebieską kwadratową tablicę z białym trójkątem. Znajdujące się na jezdni materiały lub inne przeszkody (np. otwarte studzienki rewizyjne itp.) należy oznaczyć czerwoną chorągiewką, w razie zaś gdyby nie zostały na noc usunięte, latarnią z pomarańczowym światłem. Tak latarnia jak i chorągiewka powinny się znajdować z lewej strony złożonych materiałów, patrzac w kierunku ruchu.

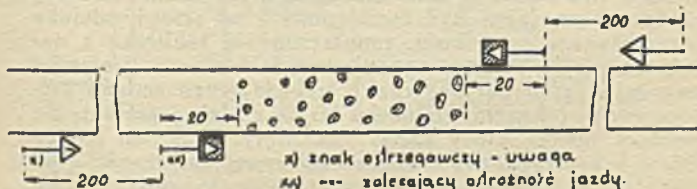


znak zalecający zachowanie szczególnej ostrożności jazdy / biały trójkąt na niebieskim tle.



2. W razie prowadzenia takich samych drobnych robót, jednak rozrzuconych po całej szerokości jezdni lub rozciągniętych na większej długości, należy na 200 m. przed początkiem zajętego przez roboty odcinka (w każdym kierunku ruchu) ustawić znak ostrzegawczy z czarną pionową kreską. W odległości około 20 m. przed początkiem robót należy ustawić dodatkowo kwadratową niebieską tablicę z białym trójkątem, jak w punkcie poprzednim.

Na końcu odcinka zajętego przez roboty tablicę tę należy powtórzyć (dla każdego kierunku ruchu), zaopatrzywszy ją w tabliczkę z napisem „koniec”.



Niezależnie od oświetlenia nocą złożonych na jezdni materiałów lub innych przeszkód dla ruchu, należy oświetlić znak zalecanej ostrożności latarnią, rzucającą na znak światło białe, a w kierunku nadjeżdżających — pomarańczowe.

W miastach znak ostrzegawczy z pionową kreską może nie być ustawiony, chyba żeby lokalne warunki tego bezwzględnie wymagały. W takich razach zwykle trzeba będzie go ustawić bliżej niż 200 m. od przeszkody, wobec czego należy go zaopatrzyć w tabliczkę, podającą odległość w m. od przeszkody. Znak ten nocą powinien otrzymać latarnię oma-

wianą w ustępie poprzednim, o ile nie jest dobrze widoczny w świetle lamp ulicznych.

b) Przy ruchu ograniczonym do części jezdni.

Jeżeli w czasie robót drogowych nastąpi zajęcie pewnej części szerokości jezdni, wtedy pas jezdni zamknięty dla ruchu należy odgradzić poprzecznymi barjerami, a w miastach ponadto barjerami podłużnymi. Niekiedy w miastach barjery poprzeczne ze względu na ruch tramwajów po pasie jezdni, zajęтым przez roboty, nie mogą być ustawiane.

Barjery do zamykania ruchu powinny być koloru popielatego z wyjątkiem środkowej części poziomego drąga, który należy pomalować na długości 1 m. na pasy białe i czerwone o szerokości 20 cm. (3 pasy białe i 2 jaskrawo czerwone).

W odległości 200 m. przed barierami ustawia się na prawym poboczu znak ostrzegawczy z pionową kresą. Przy barierze od strony jezdni pozostawionej dla ruchu ustawia się znak zalecanej ostrożności.

Jeżeli część jezdni pozostawiona dla ruchu jest przeznaczona dla ruchu w obu kierunkach, to znak zalecanej ostrożności powinien być dwustronny i od strony odcinka przeznaczonego na roboty, zaopatrzony w tabliczkę z napisem „koniec”. W tym wypadku zajdzie również potrzeba ustawienia przed barjerą znaku nakazującego zmianę kierunku ruchu (okrągła, niebieska tarcza z białą strzałką), dla tego toru jezdni, który został zamknięty. Znak ten należy ustawić z prawej strony znaku zalecanej ostrożności (na środku zamkniętego toru, albo prostopadle do osi drogi, albo nieco ukośnie do niej tak, aby jadący łatwo się mogli zorientować, gdzie mają skręcić.

Jeżeli pas pozostawiony dla ruchu służy tylko dla ruchu w jednym kierunku (w razie np. zamknięcia tylko środka jezdni), to znaki zalecanej ostrożności powinny być jednostronne i ustawione dla każdego kierunku ruchu na początku i końcu zamkniętego odcinka. Znak końcowy powinien być zaopatrzony w tabliczkę z napisem „koniec”.

Do znaków ostrzegawczych w miastach odnosi się również i w tym wypadku uwaga z punktu poprzedniego.

W nocy w miastach wszystkie wymienione znaki wymagają oświetlenia, o ile znak zalecanej ostrożności i znak

nakazujący nie są widocznie w świetle lamp ulicznych. Latarnie na znaku zalecanej ostrożności i ewentualnie znaku ostrzegawczym rzucają na znaki światło białe, w kierunku nadjeżdżających — pomarańczowe. Znak nakazujący powinien być oświetlony światłem białym.

Poza miastami oświetlenia wymaga tylko znak zalecanej ostrożności.

Niezależnie od tego tak w miastach jak i poza miastami bariera zamykająca odcinek drogi, ustawiona z tej strony odcinka, gdzie zagradza jeden z torów, powinna z prawej strony otrzymać latarnię ze światłem pomarańczowym.

Jeżeli pas pozostawiony dla ruchu nie wystarcza dla mijania się pojazdów należy zarządzić ruch wahadłowy, jednokierunkowy, wprowadzając odpowiednią regulację ruchu.



Sygnaliści wpuszczający na odcinek pojazdy raz w jednym kierunku, drugi raz w drugim, powinni dawać znaki czerwonymi chorągiewkami (ręką z chorągiewką wyciągniętą do góry, oznacza znak „stój”), lub też zapomocą znaku zakazu wjazdu przy ruchu jednokierunkowym (czerwona tarcza z poziomą białą kreską).

W tym celu można na poboczu ustawić koziółek, w którym jest umocowana taka tarcza w ten sposób, że obraca się wkoło osi pionowej. Sygnalista raz obraca tarczę czerwoną stroną w kierunku jadących, drugi raz stroną tylnią, malowaną na popielato, odpowiednio do tego, czy chce zamknąć ruch, czy otworzyć.

W nocy tarcza od strony czerwonej powinna być zapatrzona w latarnię z czerwonym światłem tak umiesz-

czoną, aby po obrocie tarczy o 180° latarnia, była dla wjeżdżających na objazd niewidoczna.

Gdy ruch jednokierunkowy po objęździe odbywa się na przestrzeni dłuższej niż 300 m. należy urządzać mijanki z analogiczną regulacją ruchu, jak przy wjazdach na objazd.

c) Przy ruchu zamkniętym.

Gdy jezdnia na całej swej szerokości jest zamknięta dla ruchu, należy na początku i końcu zamkniętego odcinka ustawić poprzeczne rogatki lub bariery malowane w ten sam sposób, jak bariery dla częściowego zamykania ruchu.

Na 200 m. przed barierami ustawia się dla każdego kierunku ruchu na prawym poboczu znak ostrzegawczy z pio-



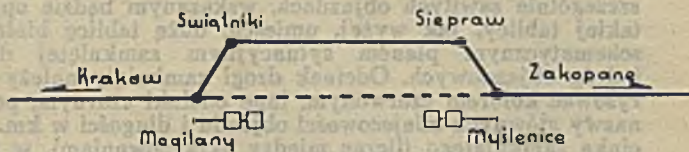
nową kreską, a przed samą barierą na jej środku znak zakazu ruchu wszelkich pojazdów (biała tarcza z czerwoną obwódką).

W razie, gdy obok drogi jest wzdłuż niej urządzony objazd, to dla każdego kierunku ruchu należy ponadto ustawić znaki nakazujące zmianę kierunku ruchu z drogi na objazd.

Oświetlanie tych znaków powinno być nocą przeprowadzone według wskazówek podanych w punkcie b) z tą jednak różnicą, że znak zakazu wjazdu wszelkich pojazdów powinien otrzymać latarnię rzucającą na znak światło białe, a w kierunku nadjeżdżających — czerwone.

Jeżeli droga jest całkowicie zamknięta dla ruchu nie między skrzyżowaniami, lecz w pewnych od nich odległo-

ści, wzdłuż zaś zamkniętego odcinka niema objazdu, a jest on urządzony po innych sąsiednich drogach, to wówczas nie należy, na skrzyżowaniu ustawiać znaku nakazującego zmianę kierunku ruchu, gdyż między skrzyżowaniem, a punktem zamknięcia może się odbywać ruch lokalny.



PRZEJAZD ZAMKNIĘTY NA KM 316
 OBJAZD DO **MYŚLENIC**
 PRZEZ **SWIĄTNIKI, SIEPRAW**

fla
 zółte



fla
 białe

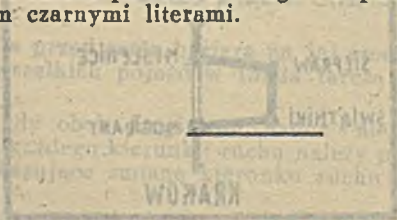
Namiast należy na skrzyżowaniu ustawić tablicę informacyjną koloru żółtego z następującym napisem czarnymi literami: „Przejazd zamknięty na km. Objazd do (podać nazwę miejscowości, w której objazd łączy się drogą zamkniętą) przez (podać główne miejscowości, przez które objazd prowadzi).” Czarna strzałka na

tablicy pokazuje kierunek, w którym należy zboczyć z zamkniętej drogi na objazd.

W razie gdy idzie o specjalnie ułatwienie orientacji jadącym, np. na głównych ruchliwych traktach lub przy szczególnie zawitych objazdach, wskazanym będzie oprócz takiej tablicy, jak wyżej, umieścić dużą tablicę białą ze schematycznym planem sytuacyjnym zamkniętej drogi i dróg objazdowych. Odcinek drogi zamknięty należy narysować kolorem czerwonym, inne odcinki czarnym, podać nazwy głównych miejscowości objazdu i długości w km. odcinka zamkniętego (licząc między skrzyżowaniami, w który objazd łączy się z drogą zamkniętą), oraz długość samego objazdu.

Ważną rzeczą jest umiejętne ustawienie tablic objazdowych na skrzyżowaniach tak, aby były one łatwo dostrzegalne i jaknajlepiej czytelne. W tym zakresie trudno podać wskazówki uniwersalne, gdyż każdy wypadek wymaga innego ujęcia. Nie należy jednak oszczędzać na ilości tablic i w razie potrzeby ustawiać ich więcej niż jedną, o ile to ułatwi orientację.

Całą drogę objazdową dobrze jest wyznakować drogowskazami koloru pomarańczowego z napisem „Objazd”, wykonanym czarnymi literami.



DZIAŁ IV

KAMIEŃ NATURALNE.

I. Rodzaje skał.

Kamienie naturalne są to skały rodzime, które tworzą skorupę ziemską, t. zw. litosferę i występują na powierzchni w postaci bądź silnie związanych mas lub też luźnych skupień. Dzielimy je na:

- 1 — *Skały wybuchowe*, powstałe przez zastygnięcie ognisto ciekłej, przesyconej gazami magmy.
- 2 — *Skały osadowe*, powstałe jako osad pochodzenia mechanicznego chemicznego lub organicznego.
- 3 — *Skały metamorficzne*, powstałe z przeobrażenia skał wybuchowych lub osadowych.

Każda z wymienionych grup rozpada się na osobne działy, zależnie od składu chemicznego i mineralogicznego, oraz budowy i wieku skały.

1. Skały wybuchowe.

a) głębinowe.

G r a n i t y. Budowa krystaliczna, ziarnista. Barwa jasna do ciemno-szarej, czerwona lub żółtawa.

Składniki główne: kwarc, ortoklaz, plagioklaz kwaśny i składniki ciemne (mika, hornblenda lub augit).

S i e n i t y. Budowa krystaliczna, ziarnista. Co do własności podobny do granitu, ale spotyka się go rzadziej i w mniejszych masach. Ze składników mineralnych występują: ortoklaz i składniki ciemne.

D i o r y t y. Budowa krystaliczna, ziarnista. Barwa czarno-biała. Składniki mineralne: plagioklaz, amfibol, (czasem kwarc).

G a b r a. Budowa krystaliczna, ziarnista. Barwa czarna z zielonkawym odcieniem. Składniki mineralne: plagioklaz zasadowy i augit, względnie hornblenda.

b) wylewne

P o r f i r y. Barwa czerwona o odcieniu jaśniejszym lub ciemniejszym, czasem ciemno - szara z odcieniem zielonkawym. Budowa porfirowa półkrystaliczna. W zbitej masie t. zw. cieście skalnym obecne są większe kryształki ortoklazu i skadników ciemnych. Jeśli w zbitej masie występują prócz tego kryształki kwarcu, jest to porfir kwarcowy.

T r a c h i t y. Budowa porfirowa półkrystaliczna. Skała odznacza się dużą porowatością skutkiem czego jest szorstka w dotknięciu i posiada małą gęstość. Barwa jasno-szara. Składniki mineralne te są me co w porfirach.

A n d e z y t y. Budowa porfirowa półkrystaliczna. W zbitej masie występują kryształki plagioklazu, amfibolu i biotyту oraz nieco szkliwa. Porowatość zbliżona do trachitu, barwa jasno-szara, czasem ciemniejsza.

D i a b a z y, m e l a f i r y, b a z a l t y. Są to skały wylewne, pochodzące z magmy gabrowej. Budowa bywa zbita, czasami porfirowa półkrystaliczna, a nawet krystaliczna (głównie u diabazów). U bazaltów i melafirów często pojawia się szkliwo jako spoiwo wykrystalizowanych składników. Barwa ciemna, czarna, czarno-szara, przy wietrzeniu brunatna lub zielona. Składniki mineralne: plagioklaz zasadowy i augit ze znacznym dodatkiem związków żelaza, najczęściej oliwinu.

S z k l i w a w u l k a n i c z n e. Tworzą się przy szybkim zastyganiu magmy. Rozróżniamy wśród nich *smołowce*, zazwyczaj barwy ciemnej o połysku szklistym; *obsydiany* barwy ciemnej o połysku szklistym; *pumeksy*, jasne, gąbczaste, wreszcie *perłity* barwy niebieskawo-szarej o połysku woskowym, składające się z zastygłej w postaci kuleczek lawy. Lekkie pumeksy stosowane są do budowy sklepień, przede wszystkim jednak jako kamień szlifierski.

T u f y w u l k a n i c z n e. Budowa bardzo porowata, gęstość mała (około 1,6), są to popioły wulkaniczne, których cząstki uległy spojeniu. Barwa szara jaśniejsza lub ciemniejsza.

2. Skały osadowe.

P i a s k o w c e. Budowa i barwa różnorodna. Ze składników mineralnych występują: kryształki kwarcu, luseczki

miki i spoiwo. Spoiwo może być wapienne, marglowe, ilaste lub kwarcowe. Nazwa piaskowca jest zależna od spoiwa.

Zlepienie (konglomeraty) złożone z otoczków i **druzgoty** (brekcje) z bryłek ostrokanciastych. Zbudowane ze spojonych ze sobą części wapieni, kwarcytów, krzemieni i innych; spoiwo różnorodne. Barwa też różnorodna.

Iły, gliny, **lessy** i łupki gliniaste. Ił składa się z drobnutkich cząsteczek kaolinu, z domieszką kwarcu i miki jasnej. Barwa rozmaita. Kaolin czysty daje t. zw. glinę porcelanową, ogniotrwałą. Kaolin zanieczyszczony małą ilością iłu daje glinę ogniotrwałą, przy większej ilości garncarską i strycharską. Suchy ił pochłania do 70% wody. Iły bez domieszki części piaszczystych nazywamy tłustymi, z piaskiem chudymi. Gliny są zwykle zabarwione na żółto wodorotlenkiem żelaza. Less jest to ił zawierający 50—70% drobnutkich cząsteczek kwarcu i do 30% wapienia. Less jest jednym z najważniejszych składników gleby. Przy robotach inżynierskich należy liczyć się z tym, że iły napojone wodą mogą powodować usuwiska, a pozbawione oparcia łatwo stają się lotne. To też iłu lub materiału silnie ilastego nie można używać do budowy nasypów. Łupki gliniaste uwarstwione, mocne, zwarte, w przelomie matowe, barwy ciemnej do czarnej, także z odcieniem niebieskawym, zielonkawym lub fioletowym. Składają się z mikroskopijnych ziarenek kwarcu, blaszek miki oraz chlorytu. Jako składnik uboczny występuje pirit.

Gipsy. $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Budowa krystaliczna — ziarnista, albo zbita, rzadziej włóknista. Barwa biała, czasem żółkowana. Odmiany o czysto białym zabarwieniu lub ładnym żółkowaniu znane pod nazwą alabastru. Gips jest rozpuszczalny w wodzie, daje się dobrze obrabiać, służy do otrzymywania gipsu palonego.

Wapienie są to osady wapienne powstałe przy współdziałaniu organizmów skalotwórczych wapiennych (otwornic). Składają się przeważnie z węglanu wapnia, często z zanieczyszczeniami piasku, części ilastych, substancji bitumicznych lub żelazistych. Budowa ziarnisto-krystaliczna, często zbita, drobnoziarnista lub ziemista. Barwa rozmaita. **Gęstość** waha się w dużych granicach, zależnie od porowa-

tości skały. Wapienie litotamniowe odznaczają się jednorodną i drobnoziarnistą budową. Wapienie złożone z mikroskopijnej wielkości skorupki otwornic nazywamy kredą. Wapienie porowate t. zw. martwice wapienne i trawertyny, dostarczają wybornego ciosu lekkiego.

M a r g l e. Składają się z ilu z domieszką wapienia, dolomitu lub gipsu, zależnie od tego nazwa. Najpospolitsze są margle wapienne, zawierające od 20 — 60% ilu. Zależnie od zawartości wapienia — margle ilaste, lub wapienne. Powyżej 70% wapienia są to wapienie margłowe. Margle ilaste służą do wyrobów garncarskich. Niektóre margle wapienne nadają się wprost do wyrobu cementu, inne dopiero po dodaniu ilu lub wapienia.

D o l o m i t y. $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Z wyglądu są podobne do wapieni, znacznie odporniejsze na wpływy atmosferyczne. Od wapieni twardsze i cięższe; na zimno pod wpływem kwasu nie burzą się.

3. Skały metamorficzne.

(Łupki krystaliczne).

G n a j s y. Skład mineralny taki sam jak granitu, różnią się budową warstwową.

Ł u p k i. Budowa łupkowa. Składają się z kwarcu i miki. Zastosowanie techniczne, jak gnajsów.

F i l i t y. Budowa jednolita, wybitnie łupkowa. Barwa szara, czasem zielona lub wiśniowa; powierzchnia płytek lśniąca. Skład mineralny: kwarc i mika w mikroskopowo drobnych cząsteczkach.

K w a r c y t y. Składają się z drobnoziarnistego, zbitego kwarcu. Są bardzo twarde, koloru białego, szarego, czerwonego lub nawet czarnego. W kwarcytach starszej formacji pojedyncze ziarna kwarcu są nawzajem poprzerastane. W 98—99% składają się z krzemionki.

A m f i b o l i t y. Przeważnie nie uwarstwione. Składają się z hornblendy i plagioklastu kwaśnego. Kolor szaro-zielony.

Serpentyny. Budowa krystaliczna, skała miękka, daje się dobrze obrabiać i polerować. Składa się z mineralu serpentynu; odmiana z domieszką kalcytu nosi nazwę ofikalcytu. Barwa ciemno-zielona, występują żyłki i czarne plamy.

Marmury. Skały drobno lub grubo ziarniste, niekiedy wyraźnie uwarstwione, barwy białej, szarej, brunatnej, niekiedy czerwonej. Składają się z krystalicznego węglanu wapnia (kalcytu), tworząc marmur kalcytowy. Powstają z wapieni zbitych przez przekryształizowanie. Dają się polerować.

II. Własności techniczne niektórych skał.

Rodzaj skały	Średnia wytrzymałość na ściskanie w $\text{kg/cm}^2 R_c$	Twardość wg skali Mohsa	Spółczynnik rozszerzalności objętościowej	Ciężar 1 m^3 w kg
Bazalt	2300—4000	6—8	0,000030	2000—3200
Dolomit	1300	2—4	0,000035	2650—2800
Gips	100	2	0,000028	2100—2300
Granit	1200—3000	6—7	0,000026	2600—2750
Łupek gliniasty	700	3	0,000050	—
Marmur	1500	3	0,000019	2500—2700
Płaskowiec	300—2500	4—7	0,000028	1900—2800
Porfir	2000	7	—	2550—2650
Serpentyn	800	2,5	—	—
Trachit	1000	6	—	2100—2600

Według Bauschingera dla tworzyw kamiennych:

$$\text{wytrzymałość na rozciąganie } R_r = \frac{1}{26} R_c$$

$$\text{„ „ zginanie } R_g = \frac{1}{6} R_c$$

$$\text{„ „ ścinanie } R_t = \frac{1}{13} R_c$$

CEMENT

Rodzaje cementów. W budownictwie lądowym i wodnym do zapraw i betonów najczęściej stosowany jest normalny cement portlandzki, wolno wiążący. Otrzymuje się go przez właściwe zmieszanie i zmielenie surowców, zawierających wapieni i glinę, lub stanowiących naturalne połączenie tych tworzyw (margiel), następnie przez wypalenie tej mieszaniny w temperaturze spiekania na klinkier i dokładne zmielenie. W handlu znajduje się cement przeważnie w potrójnych workach papierowych po 50 kg., rzadziej w workach jutowych po 100 kg, lub w beczkach drewnianych po 200 kg. Barwa cementu jest szara o różnych odcieniach — jaśniejszym, ciemniejszym, żółtawym i zielonkawym. Ten lub inny odcień barwy cementu zależy od systemu produkcji i od surowców i nie ma żadnego związku z wytrzymałością. Ciężar objętościowy cementu waha się w granicach 1,1 do 1,6 zależnie od stopnia utraśnięcia. O ile prób nie wykonywa się, należy przyjmować wagę 1 litra = 1,2 kg. Zasadniczą cechą normalnego cementu portlandzkiego, wyróżniającą go z pośród innych cementów, jest powolne wiązanie i twardnienie. Okres wiązania rozpoczyna się po upływie około 2 godzin od chwili dodania wody i trwa do 8 godzin, po czym rozpoczyna się proces twardnienia, początkowo dość szybki, z biegiem czasu coraz wolniejszy. Praktycznie przy zastosowaniu normalnego cementu portlandzkiego przestrzegany jest 28-dniowy okres twardnienia i do wszelkich obliczeń jako miarodajne przyjmowane są wytrzymałości zapraw i betonów osiągame w tym terminie.

Cement portlandzki przedni, zwany często wysokowartościowym lub szybko twardniejącym, pod względem swego składu chemicznego prawie nie różni się od cementu normalnego. Jedynie dzięki bardziej starannemu doborowi surowców, wyższej temperaturze wypału i drobniejszemu zmieleniu klinkieru, cement ten osiąga wyższe wytrzymałości od normalnego, a co najważniejsze przyrost wytrzymałości w czasie jest znacznie szybszy, pomimo zachowania wolnego okresu wiązania. Można przyjąć, że beton wykonany z cementu przedniego osiąga już po 7 dniach taką

wytrzymałość jak beton z cementu normalnego po 28 dniach i dalsze przyrosty wytrzymałości są już nieznaczne. Cement ten wyrabiają niektóre większe fabryki cementu normalnego i wypuszczają na rynek pod specjalnymi nazwami, jak „prima“, „extra“, „żubr“, „lew“ i t. p.

Cement wodoszczelny „Siccifix“ jest to normalny cement portlandzki wolnowiązący, który dzięki dodatkowi pewnej substancji bitumicznej czyni beton odpornym na przesiąkanie wody, nie zmniejszając przy tym wytrzymałości betonu. Wyrabia go cementownia „Goleszów“ na Śląsku.

Cement krzemowy — kwasoodporny zawiera w swym składzie ponad 50% krzemionki (SiO_2), dzięki czemu jako domieszka do cementu portlandzkiego uodpornia znacznie beton przeciwko szkodliwemu działaniu wód kwaśnych, torfowych, kopalnianych i morskich. Cement krzemowy stosuje się zawsze w połączeniu z cementem portlandzkim przy czym na ogólną ilość przewidzianego do danego betonu cementu przyjmuje się 30% cementu krzemowego i 70% cementu portlandzkiego. Cement krzemowy produkują Zakłady Wapienne „Chęciny“ w Chęcinach.

Cement glinowy, zwany także topionym, otrzymuje się przez wypalenie aż do spiekania lub stopienia mieszaniny wapna i boksytu, którego głównym składnikiem jest tlenek glinu i staranne zmielenie wypalin. Cement glinowy jest wolnowiązący, tak jak cement portlandzki, lecz okres jego twardnienia jest znacznie krótszy i już po 3 dniach beton z cementu glinowego osiąga wytrzymałość równorzędną z wytrzymałością 7-dniową betonu z cementu przedniego i 28-dniową z cementu normalnego. Nawet już po 24 godzinach od chwili dodania wody wytrzymałość betonu z cementu glinowego jest tak znaczna, że w pewnych wypadkach można go rozdeskować i obciążyć. W okresie wiązania i na początku twardnienia cementu glinowego wytwarza się znaczna ilość ciepła co w połączeniu z krótkim okresem twardnienia umożliwia przy zachowaniu odpowiedniej ostrożności stosowanie tego cementu do robót betonowych w zimie. Cement glinowy pod nazwą „Alca Elektro“ wyrabiają Zakłady Elektro w Łaziskach Górnych na Śląsku. Barwa jego jest czarna

T a b l i c a 1.

Zasadnicze wymagania stawiane cementom wg. norm polskich.

Rodzaj cementu	Miałkość		Warunki wżazania		Wytrzymałość normalnej zaprawy 1:3 (1 cz. cementu plus 3 części normalnego piasku w jednostkach wżgowych)							
	Pozostałość na sicie w% (minimum)		Początek po upływie (minimum)	Koniec przed upływem (maximum)	na rozżłaganie w kg/cm ² /minimum/				na żciskanie w kg/cm ² /minimum/			
	N900	N4900			po 1 dn	po 3 dn	po 7 dn	po 28 d	po 1 dn	po 3 dn	po 7 dn	po 28 d
Normalny cement portlandzki wg. PN/B-201	2	20	40 minut	10 godz.	—	—	18	22	—	—	200	300
Normalny cement portlandzki wg. wytycznych do budowy dróg betonowych (D.I.B.)	2	10	2 godz.	10 godz.	—	—	18	35	—	—	200	550
Przedni cement portlandzki wg. PN/B-206	1	10	1 godz.	10 godz.	—	30	—	40	—	400	—	600
Cement glinowy wg. PN/B-207	1	10	1 godz.	10 godz.	30	33	—	—	450	500	—	—

Podstawowe cechy cementów. Zasadnicze wymagania stawiane cementom co do ich własności fizycznych i mechanicznych przyjęte w normach, zostały zestawione w tabelicy 1, zaś przeciętne wytrzymałości na ściskanie normalnej zaprawy otrzymywane przy badaniu krajowych cementów podane zostały w tabelicy 2.

T a b l i c a 2.

Przeciętne wytrzymałości na ściskanie normalnej zaprawy cementowej 1:3.

Rodzaj cementu	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm ²				
	po 1 dn	po 2 dn.	po 3 dn.	po 7 dn.	po 28 dn
Normalny portlandzki	—	—	330	450	600
Przedni portlandzki	—	400	500	550	650
Glinowy	550	610	620	650	700

Badania cementów przeprowadzane są w laboratoriach odpowiednio wyposażonych do tego celu. Ponieważ cement zleżały traci stopniowo swoje zdolności wiążące co może mieć ujemny wpływ na późniejszą wytrzymałość betonu należy na większych budowach prowadzić stałą kontrolę czasu wiązania cementu przy pomocy przyrządu Vicat'a.

Wskazany jest również sprawdzanie na budowie, czy cement nie posiada skłonności do pęcznienia t. j. czy zachowuje stałość objętości. W tym celu formuje się z zaczynu cementowego, zgodnie z opisem podanym w normach, dwa placki i po 24 godzinach wkłada się jeden do wody, a drugi pozostawia na powietrzu. Gdy w przeciągu 28 dni na plackach nie pojawią się rysy promieniste, cement jest dobry. W przeciwnym razie danego cementu bezwzględnie nie należy używać do budowy. Próbę stałości objętości można wykonać w czasie przyspieszonym umieszczając placek po 24 godzinach od chwili wykonania na 5 godziny w parze wodnej.

Przy specjalnych robotach lub w pewnych okolicznościach zachodzi potrzeba przyspieszenia twardnienia beto-

nu. Stosuje się wtedy dodatek chlorku wapnia w ilości około 2% w stosunku do wagi cementu*).

Ponieważ dodatek chlorka wapnia wpływa z jednej strony na przyspieszenie twardnienia betonu, a z drugiej strony obniża temperaturę zamarzania betonu — stosuje się go dosyć często, przy zachowaniu odpowiednich ostrożności, do robót betonowych w zimie.

Magazynowanie cementu. Cement jest tworzywem bardzo wrażliwym na wilgoć, wobec czego jego przechowywanie na budowie wymaga szczególnej ostrożności. Nie należy cementu kłaść bezpośrednio na ziemi, lecz w szopie drewnianej na podłodze od spodu przewiewnej — jak również nie można go składać przy ścianie, aby nie dostała się doń z zewnątrz wilgoć. Zwłaszcza cementy przednie jako bardziej miękkie, a co z tego wynika bardziej higroskopijne, pod wpływem wilgoci w krótkim czasie nie tylko tracą swe cechy wysokowartościowe, ale stają się gorsze od cementów zwykłych — co należy mieć na uwadze. Nie należy za tym robić większych zapasów cementu, a cement portlandzki przechowywany dłużej niż 6 miesięcy, a glinowy dłużej niż 12 miesięcy, ponownie poddać szczegółowemu badaniu. Cement zbity w grudki może być użyty do betonu tylko wtedy, gdy grudki te rozsypują się podczas mieszania betonu.

KRUSZYWO DO BETONU.

Nazwą kruszywa oznacza się wszystkie razem wzięte okruszowe materiały kamienne, wchodzące w skład betonu, a więc piasek i żwir naturalny, kamień tłuczony, oraz wszelkie mieszaniny tych materiałów.

Własności ogólne. Pod względem pochodzenia rozróżnia się:

- 1) kruszywa naturalne — piaski i żwiry rzeczne lub kopalne,
- 2) kruszywa tłuczone — miał, grysy i tłuczeń ze skał kamiennych bądź z materiałów sztucznych.

W zastosowaniu do betonu rozróżnia się kruszywa drobne (piasek i miał) stanowiące z cementem i wodą zapra-

*). Inż. A. Kobyliński: „Chlorek wapnia w betonie w świetle badań polskich“ — Cement 1937 r.

wę — spoiwo betonu i kruszywa, grube (żwir, grys i tłuczeń) stanowiące osnowę — szkielet betonu. Naturalną mieszaninę piasku ze żwirem nazywamy pospółką.

Piaskiem lub miałem nazywamy kruszywo przechodzące przez sito o otworach 2×2 mm. Należy pamiętać, że im piasek jest drobniejszy tym potrzebuje większej ilości cementu dla osiągnięcia danej wytrzymałości zaprawy. Piaski polskie na ogół są drobnoziarniste. Można przyjąć, że dobrym pod względem uziarnienia będzie piasek, który przechodzi przez sito o otworach $0,5 \times 0,5$ mm. w ilościach od 30 do 70%, przez sito 1×1 mm — 50 do 90%, wreszcie przez sito 2×2 mm — 100%.

Piasek naturalny posiada ziarna o krawędziach zaokrąglonych, zaś miał otrzymywany przez kruszenie twardych kamieni posiada krawędzie ostre. Do zapraw jest bardziej pożądanym piasek naturalny do betonu piasek i miał stosowane są z jednakowym wynikiem.

Miał o tym samym uziarnieniu co piasek posiada więcej próżni. Piasek wilgotny zajmuje większą objętość od piasku suchego. Np. z jednego litra piasku wilgotnego (przy najczęściej spotykanym 3% zawilgoceniu) otrzymuje się po wysuszeniu 0,8 litra. Piasek nasycony wodą powraca do objętości piasku suchego, albo nawet układa się ściślej.

Żwirem, grysem lub tłuczniem nazywamy kruszywo o ziarnach większych nie przechodzących przez sito o otworach 2×2 mm. Ziarna winny mieć kształt zbliżony do kuli lub sześciąnu. Niepożądane są ziarna ostrokrawędziowe, gdyż powodują one dużą ilość próżni, oraz ziarna płaskie zwłaszcza dla betonów drogowych (narażonych na ścieranie i uderzenie).

Pod względem granicznej wielkości ziarna kruszywo do robót żelbetowych powinno przechodzić w całości przez sito o otworach średnicy 40 mm.; do robót betonowych maszynowych — o średnicy 80 mm. Gatunki skał tworzących kruszywo, winny być trwałe, odporne na działanie czynników atmosferycznych, oraz posiadać na ściskanie wytrzymałość nie mniejszą niż 500 kg/cm^2 , oraz nasiąkliwość nie większą niż 10% objętości. Kruszywo przeznaczone do budowy nawierzchni betonowych pod względem wymiaru

ziarn i własności skały z której jest wykonane. powinno spełniać specjalne warunki przewidziane w wytycznych**).

Grysy kamienne sporządzane są przeważnie ze skał twardych jednorodnych o budowie drobnoziarnistej, jak: bazalt, diabaz, granit drobnoziarnisty, porfir, piaskowiec kwarcytowy. Tłuczeń, jako mniej szlachetny jest sporządzany również ze skał średnio i gruboziarnistych, oraz najczęściej z otoczków i kamieni polnych różnego gatunku.

Ciężar objętościowy suchych, luźno nasypanych kruszyw wynosi:

piasek	1,6—1,7
żwir	1,7—1,8
grys granitowy	1,35—1,45
grys bazaltowy i diabazowy	1,5—1,6
tłuczeń z kamieni polnych	+ 1,5

Uziarnienie. Stosunek ilościowy ziarn poszczególnych wielkości, czyli uziarnienie kruszywa wchodzącego w skład betonu winno być dobrane tak, ażeby kruszywo czyniło zadość w możliwie najwyższym stopniu następującym głównym warunkom:

- a) ażeby posiadało ono jak najmniej próżni, czyli żeby było jak najgęstsze;
- b) ażeby beton wykonany z tego kruszywa osiągnął dostateczną ciekłość przy możliwie małej ilości wody;
- c) ażeby beton był łatwo urabialny.

Od ilości próżni w grubszym kruszywie zależy ilość zaprawy t. j. mieszaniny cementu piasku i wody. Im mniej próżni tym mniej trzeba zaprawy. Uziarnienie kruszywa winno być takie aby potrzebną ciekłość osiągnąć przy użyciu jak najmniejszej ilości wody. Małej ilości wody wymagają kruszywa o małej ilości próżni o ziarnach okrągłych i bez nadmiaru ziarn najdrobniejszych. Wreszcie dobra urabialność betonu (łatwość ułożenia się w deskowaniu i należyte otulenie prętów — ważne więc w żelbecie) uzyskuje się przy kruszywie o dostatecznej ilości ziarn drobnych.

Wszystkie te własności w odpowiednim stopniu posiadają kruszywa, których krzywa przesiewu mieści się w granicach dobrego uziarnienia wskazanych na rys. 1.

** Wytyczne do budowy nawierzchni betonowych — Drógowy Instytut Badawczy 1936 r.

Nie wyklucza to jednak możliwości otrzymania dobrego betonu z kruszywa wykraczającego poza te granice:

Badanie uziarnienia dokonywa się przy pomocy przesiewania przez serię sit. Używane są sita tkane z drutu mające otwory kwadratowe (do 4 mm) oraz sita z blachy o przebijanych otworach okrągłych (powyżej 4 mm.)***). Przebieg próby jest następujący. Założmy np., że badaniu podlega pospółka naturalna o największych ziarnach żwiru przechodzących przez sito 40 mm. Bierzymy dwie próbki o ciężarze około 4000 g każda i po wysuszeniu i zważeniu przesiewamy przez komplet sit poczynając od sita największego o otworach 40 m/m, a kończąc na sicie najmniejszym o otworach 0,5 m/m. Pozostałości na każdym sicie wazymy oddzielnie i wpisujemy w odpowiednie rubryki tablicy 3. Następnie obliczamy procenty. Liczby ostatniej kolumny nanosimy na wykres (rys. 1) otrzymując krzywą przesiewu (linia przerywana) badanego kruszywa obok krzywych granicznych (linie ciągłe) i widzimy, że krzywa nasza mieści się w obszarze dobrego uziarnienia.

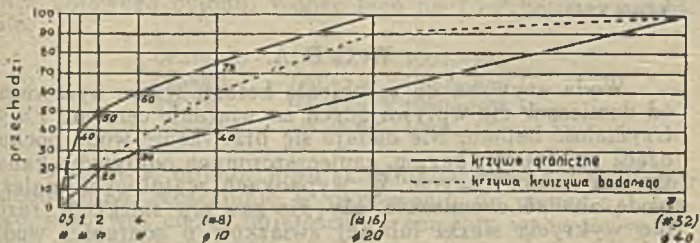
T a b l i c a 3.

Fracja mm	Pozostaje na sicie					Przechodzi przez sito	
	Otwór sita mm	1 próba gr.	2 próba gr.	Średnia		Otwór sita mm	Suma gr.
				gr.	%		
0 — 0,5	0	648	662	655	17,0	0,5	17,0
0,5 — 1	0,5	132	154	143	3,7	1	20,7
1 — 2	1	141	129	135	3,5	2	24,2
2 — 4	2	567	555	561	14,6	4	38,8
4 — 10	4	912	772	842	21,8	10	60,6
10 — 20	10	1212	1158	1185	30,8	20	91,1
20 — 40	20	241	423	332	8,6	40	100,0
40 — 80	40	—	—	—	—	80	—
Razem . .		3853	3853	3853	100,0	—	—

***) Sita te wyrabia firma „Sito“, Warszawa, Praga, ul. Wiatraczna 15.

W wypadku przekroczenia górnej krzywej należy powiększyć ilość ziaren grubszych w kruszywie t. j. dodać żwiru; w wypadku zaś przekroczenia dolnej krzywej, należy powiększyć ilość ziaren drobniejszych. Krzywa przesiewu nie koniecznie ma być ciągła, lecz powinna leżeć w granicach dobrego uziarnienia, zbliżając się raczej do górnej krzywej granicznej.

Zanieczyszczenia. Kruszywo winno być wolne od domieszek, które wpływają szkodliwie na wytrzymałość betonu, w pierwszym rzędzie od zbyt dużej ilości pyłów



krzywa uziarnienia kruszywa do betonu

mineralnych i ziarn oblepionych warstwą gliny lub ilu, oraz od domieszek organicznych.

Dopuszczalne wg. PN/B-196 są następujące **największe** ilości pyłów, wydzielanych przez płukanie (w specjalnej menzurce) na zasadzie prawa Stokes'a: 3% ciężaru piasku, 1% ciężaru kruszywa grubego i 1,7% ciężaru naturalnej pospółki. Nadmierna ilość części pylastych powoduje potrzebę użycia większej ilości wody, ponadto wpływa ona na zmniejszenie wytrzymałości zaprawy. Daleko gorsze w skutkach są glina i il, oblepiające ziarna kruszywa, gdyż wtedy zaprawa nie może tych ziarn związać ze sobą. Kruszywo zawierające szkodliwe domieszki, może być użyte do betonu, o ile zostanie przed tym uwolnione od nich przez płukanie. Płukanie kruszywa wykonywa się albo przepuszczając kruszywo zmieszane z wodą przez pochyle koryto z siatką w dnie, albo w specjalnych płuczkaach poruszanych mechanicznie. Płukanie należy przeprowadzać ostrożnie aby

z gliną nie uszły z kruszywa drobne ziarna piasku, bardzo pożyteczne dla urabialności i szczelności betonu. Obecność zanieczyszczeń organicznych w kruszywie stwierdzamy przez zalanie badanej próbki 3% roztworem ługu sodowego (NaOH). Barwa klarownej cieczy nad warstwą kruszywa nie powinna być po 24 godzinach ciemniejsza od barwy jasno żółtej. Powyższa próba ma znaczenie ostrzegawcze. Kruszywo, które wykazuje ciemniejsze zabarwienie roztworu ługu sodowego winno być bliżej zbadane. O zdolności jego do betonu rozstrzyga wtedy wytrzymałość betonu w postaci walców próbnych, wykonanych przy użyciu tego kruszywa.

W O D A.

Woda używana do zarobienia betonu winna być wolna od domieszek źle wpływających na wiązanie cementu i wytrzymałość betonu. Nie nadaje się przeważnie woda pochodząca ze stawów, bagien, zanieczyszczonych odpływów kanałowych i fabrycznych. W wypadkach wątpliwych należy wodę zbadać chemicznie, czy nie zawiera siarki. W razie nie wykrycia siarki lub jej związków o zdolności wody decydować powinna próba wytrzymałości betonu zarobionego badaną wodą.

B E T O N.

Odmierzanie składników. Składniki betonu (cement, woda i kruszywo) winny być tak dobrane ilościowo i pod względem uziarnienia, ażeby beton w stanie świeżym posiadał odpowiednią ciekłość i urabialność, po stwardnieniu zaś wykazywał wytrzymałość odpowiadającą naprężeniom dopuszczalnym, przyjętym w projekcie. Dozowanie poszczególnych składników betonu na budowie odbywa się bądź objętościowo, bądź wagowo, bądź wreszcie sposobem kombinowanym, t. j. cement wagowo, a kruszywo objętościowo.

Dozowanie objętościowe. Najprostszy i najdawniej stosowany przy wyrobie betonu jest sposób objętościowy odmierzania składników. Określamy wtedy stosunek mieszaniny bądź dwiema cyframi: cement do kruszywa (np. 1:5), gdy rozporządzamy kruszywem zmieszanymp. pospółką, bądź trzema cyframi: cement do piasku i do grubego kru-

szywa (np. 1:3:6). Przeważnie dajemy dwa razy więcej żwiru niż piasku, lub 1,5 razy więcej kamienia tłuczonego od piasku, lecz stosunek ten należy każdorazowo zbadać przez próbę przesiewu. Ilość poszczególnych składników w litrach na 1 m³ betonu określa się przez wykonanie próbnego zarobu betonowego w sposób następujący:

Przypuśćmy, że należy wykonać beton żwirowy w stosunku 1:2:4 konsystencji półciekłej. Robimy mieszaninę betonową (10 litrów cementu + 20 litrów piasku + 40 litrów żwiru + 5 litrów wody), z której otrzymujemy 45,9 litra gotowego betonu. Wobec tego na 1 m³ betonu wypadnie:

cementu	$(10:45,9) \times 1000 = 218$ l.
piasku	$(20:45,9) \times 1000 = 436$ l.
żwiru	$(40:45,9) \times 1000 = 872$ l.
wody	$(5:45,9) \times 1000 = 109$ l.

Dozowanie objętościowe składników betonu jest bardzo niedokładne, szczególnie w odniesieniu do cementu i piasku, ponieważ ciężar objętościowy cementu waha się w dużych granicach, zależnie od stopnia utrząsania, zaś wilgotność piasku, wpływa w naczynym stopniu na jego ciężar objętościowy. Z tych względów objętościowy pomiar wszystkich składników betonu stosuje się dziś bardzo rzadko i tylko przy robotach mniej odpowiedzialnych. Po wszechnie zaś objętościowo odmierza się tylko druszywo, zaś cement dodaje się wagowo.

Dozowanie kombinowane. Przy dozowaniu kombinowanym cement odmierzamy wagowo w kilogramach na 1 m³ gotowego betonu. Ilość kruszywa (w litrach na 1 m³ betonu) zależy od wielu czynników i nie da się z góry ściśle wyznaczyć. Najlepiej przed przystąpieniem do robót uczynić to drogą prób. Np. mamy stosować beton żwirowy, półciekły o zawartości 300 kg. cementu na 1 m³ gotowego betonu. Na podstawie przybliżonych cyfr zestawiamy mieszaninę betonową w ilości 10 litrów o następującym składzie: 3 kg cementu + 4,45 l. piasku + 8,90 l. żwiru + 1,5 l. wody. Po zarobieniu i uformowaniu betonu mierzymy jego objętość, która wynosi np. 10,4 l., a więc na 1 m³ gotowego betonu należy w rzeczywistości przyjąć:

300 kg. cementu
 $(4,45:10,4) \times 1000 = 428$ l. piasku
 $(8,90:10,4) \times 1000 = 856$ l. żwiru.
 150 l. wody.

W tablicach 4 i 5 zostały podane przybliżone ilości cementu i kruszywa w 1 m³ zaprawy i betonu.

T a b l i c a 4.

Orientacyjne ilości składników w zaprawach cementowo-piaskowych.

Stosunek objętościowy cementu do piasku	Przeciętna ilość składników na 1 m ³ gotowej zaprawy	
	Cementu kg	Piasku litr.
1 : 1	800	670
1 : 1,5	640	800
1 : 2	530	880
1 : 2,5	455	950
1 : 3	400	1000
1 : 4	315	1050
1 : 5	260	1080
1 : 6	220	1100
1 : 7	195	1130

T a b l i c a 5.

Orientacyjne ilości składników w betonie żwirowym.

Stosunek objętościowy składników	Przeciętna ilość składników na 1 m ³ gotowego betonu				
	cementu kg.	beton ubijalny		beton półciekły	
		piasku litr.	żwiru litr.	piasku litr.	żwiru litr.
1:1 : 2	470	390	780	370	740
1:1,5 : 3	360	440	880	420	840
1:2 : 4	290	470	940	440	880
1:2,5 : 5	240	490	980	460	920
1:3 : 6	200	510	1020	480	960
1:4 : 8	160	520	1040	—	—
1:5 : 10	130	530	1060	—	—

Dozowanie wagowe. Najdokładniejszy ze sposobów dozowania betonu jest sposób odmierzania wszystkich składników betonu na wagę. Stosunek mieszaniny określa się tu bądź 3 cyframi: cement do piasku i do grubszego kruszywa (np. 1:3:6), bądź też ilością cementu w kg na 1 m³ gotowego betonu. Dozowanie wagowe w naszych warunkach nie znajduje szerszego zastosowania ze względu na konieczność posiadania na budowie specjalnych wag automatycznych, bez których mierzenie betonu nie może postępować sprawnie.

Dozowanie doświadczalno-obliczeniowe. Bardzo dobre rezultaty (zwłaszcza przy betonach żwirowych) daje metoda dozowania betonów opracowana przez prof. Paszkowskiego*), która polega na dobraniu takiego wzajemnego stosunku składników, aby z posiadanego piasku i żwiru otrzymać beton o własnościach z góry założonych. Rozróżniamy tu dwa zasadnicze wypadki:

- 1) zaprojektować beton o zadanym współczynniku cementowo-wodnym (c/w) czyli o zadanej wytrzymałości betonu na ściskanie po 28 dniach (ustalić ilość cementu, piasku, żwiru i wody na 1 m³ gotowego betonu),
- 2) zaprojektować beton o zadanej ilości cementu na 1 m³ gotowego betonu (ustalić ilość piasku, żwiru i wody na 1 m³ gotowego betonu i wyliczyć przewidywaną wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach).

Ilość wody w betonie wpływa znacznie na jego własności. Ilość ta wzrasta: 1) gdy powiększymy ilość cementu, 2) przy cemencie drobno mielonym, 3) przy drobnym piasku, 4) przy nasiągliwym kruszywie, 5) przy rodzaju transportu, wymagającym ciekłego betonu, 6) przy betonowaniu podczas upałów i t. p. Ciekłość betonu winna być kontrolowana opadem stożka ze świeżego betonu nie rzadziej niż raz na dobę. Mniej ciekły beton, tak zwany „suchy” lub „ubijalny”, może być używany do masywów lub ogólnie biorąc

*) Prof. W. Paszkowski — Beton o przewidzianej wytrzymałości — „Przegląd Techniczny” 1934 r. Prof. W. Paszkowski — Sposób doświadczalno-obliczeniowy dozowania betonów i zapraw cementowych — „Przegląd Techniczny” 1935 r.

w wypadkach, gdy istnieje możliwość należytego zagęszczenia betonu przez ubijanie lub wibrację.

Mieszanie betonu. Mieszanie betonu z reguły powinno się odbywać maszynowo. W wypadku jednak konieczności mieszania ręcznego należy powiększyć ilość cementu o 5%. Mieszanie ręczne odbywa się na szczelnych pomostach drewnianych. Początkowo miesza się cement z piaskiem aż do uzyskania jednorodnego wyglądu następnie dodaje się grubsze kruszywo, polewając równomiernie wodą.

Mieszanie maszynowe wykonywa się w betoniarkach różnego typu i konstrukcji. Mieszanie powinno trwać od 1 do 2 minut od chwili wrzucenia wszystkich składników. Dłuższe mieszanie nie polepsza betonu, raczej jest szkodliwe, gdyż powoduje złapanie przez masę betonu dużej ilości powietrza w postaci pęcherzyków. Każda betoniarka powinna mieć zbiornik na wodę z regulatorem, celem umożliwienia dokładnego odmierzania wody. Pojemność bębnow wynosi 50 do 1500 litrów. Najczęściej używane są betoniarki 150, 250, 350, 500, 750 i 1000 litrów.

Przewóz i nanoszenie betonu. Przewóz betonu winien odbywać się w ten sposób, żeby jakość betonu na tym nie ucierpiała. Do najprostszych sposobów transportu należy przewóz taczkami. Lepsze są wózki dwukołowe t. zw. japonki o pojemności do 300 l. i wózki kołowe do 1000 l. Przy wożeniu betonu należy zwrócić uwagę na niebezpieczeństwo rozdzielenia betonu, polegające na tym, że większe kamienie opadają na dno, a lżejsza zaprawa cementowa podchodzi do góry. W tym wypadku wyrzucony beton z wózka winien być przed naniesieniem dodatkowo przemieszany.

Beton należy układać warstwami do 20 cm. grubości i zagęszczać w sposób odpowiadający jego ciekłości.

Beton ubijalny. Beton może być ubijany bądź przy pomocy zwykłych ubijaków ręcznych, bądź też przy zastosowaniu specjalnych ubijaczek mechanicznych — elektrycznych, pneumatycznych lub spalinowych. W fabrykach wyrobów betonowych (płyty chodnikowe, kostki brukowe) często prasuje się beton w prasach hydraulicznych pod ciśnieniem 500 atm.

Beton półciekły (plastyczny). Beton ubijany stosuje się tylko tam, gdzie niema zbrojenia konstrukcyjnego. Przy

żelbecie dajemy przeważnie beton półciekły, który układa się w deskowaniu i rydluje (tasuje) przy pomocy wąskich narzędzi wgłębiających się w beton i dopomagających w ten sposób ściślemu ułożeniu się cząstek betonu.

Beton ciekły (lany). Pod tym pojęciem rozumiemy beton o tak dużej zawartości wody, że umożliwia ona samoczynne posuwanie się betonu po płaszczyźnie pochyłej i rozmieszczenie się w deskowaniu pod wpływem siły ciężkości.

Beton wibrowany. Ostatnio w budownictwie żelbetowym, przy budowie nawierzchni betonowych, a zwłaszcza przy fabrykacji wyrobów betonowych stosuje się coraz częściej zagęszczanie betonu przy pomocy wibratorów. Wibratory przystosowane są do trzech zasadniczych celów: a) do wstrząsania form z betonem od zewnątrz (stoły wibracyjne i wibratory przyczepne), b) do przetrząsania betonu w formach (wibratory wrzecionowe — „perwibratory”), c) do utrząsania betonu na jego górnej powierzchni (wibratory płytowe i belkowe). Wibracja powoduje znaczne zagęszczenie betonu i wymagając mniej wody i piasku daje zwiększenie wytrzymałości.

Beton natryskowy (torkret). Suchą mieszaninę piasku z cementem umieszcza się w specjalnym zbiorniku, gdzie miesza się ją ze sprężonym powietrzem, po czym pod ciśnieniem porusza się ona przewodem węzowym do miejsca roboty. W dyszy (przy końcu węża) dochodzi oddzielnym przewodem wodą, która zwilża suchą mieszaninę. Powstała w ten sposób zaprawa cementowa uderza silnym strumieniem w betonowany przedmiot.

Beton natryskowy stosuje się do naprawy uszkodzonych obiektów betonowych i do betonowania cienkich płyt sklepień i kopól.

Ochrona świeżego betonu. W celu zmniejszenia skurczu w konstrukcji betonowej, należy utrzymywać ją w stanie wilgotnym przez polewanie wodą. Polewanie zaczyna się po dobie od zabetonowania i powtarzamy najmniej przez 7 dni. Przy nawierzchniach betonowych świeży beton przykrywa się warstwą wilgotnego piasku lub matami. Również należy beton chronić przed zbyt silnym działaniem promieni słonecznych.

Najwięcej szkód wyrządza betonowi mróz. Do +4° mo.

zemy betonować bez większych obaw, chroniąc tylko powierzchnię betonu przed uchodzeniem wytwarzającego się podczas wiązania ciepła. Gdy temperatura spadnie poniżej $+4^{\circ}$ należy podgrzewać wodę dodawaną do betonu do około 30° , a przy budowie stropów pod miejscem betonowania ustawiać kosze z żarzącym się koksem. Betonowanie w czasie mrozu jest niedozwolone. Wyjątki są dopuszczalne za specjalnym zezwoleniem i przy zachowaniu daleko idących ostrożności. Wtedy nie tylko wodę ale i kruszywo podgrzewamy tak, aby beton w chwili nanoszenia go miał około 20° . Następnie nakrywamy go piaskiem lub słomą, podgrzewamy piecykami koksowymi, a przy większych mrozach osłaniamy całe miejsce betonowania namiotem z płótna żaglowego, a nawet budujemy specjalne cieplaki. Aby skrócić czas twardnienia betonu stosujemy cement przedni lub glinowy, bądź też normalny z dodatkiem 2% chlorku wapnia i używamy do betonu możliwie mało wody.

Własności betonu. Jeżeli założymy, że składniki betonu odpowiadają całkowicie wymaganiom i wykonanie betonu jest bez zastrzeżeń, to decydujący wpływ na wytrzymałość betonu będzie miała ilość dodawanej wody. Ponieważ wytrzymałość betonu wzrasta z ilością cementu, a maleje z ilością wody, można powiedzieć, że jest ona zależna od współczynnika cementowo - wodnego. Na tej zasadzie określa się najmniejszą spodziewaną wytrzymałość betonu po 28 dniach ze wzoru

$$R_{28} = 20 + 80 \text{ c/w.}$$

gdzie c/w jest to stosunek wagowy cementu do wody w danej mieszance, czyli wskaźnik cementowo - wodny. Jeżeli więc chcemy, żeby wytrzymałość na budowie pozostała bez zmiany, musimy uważać aby:

- 1) jakość kruszywa nie uległa zmianie,
- 2) ilość wody w betonie nie powiększyła się,
- 3) aby dawano tę samą ilość cementu.

Wytrzymałość na ściskanie. Wytrzymałość betonu na ściskanie wg. PN/B-195 przyjmuje się:

- 1) przy wykonywaniu większych budowli z wyników badania próbek betonowych po 28 dniach twardnienia,
- 2) przy robotach mniejszych przyjmować można wytrzymałość betonu z ilości cementu, a mianowicie przy 400 kg. cementu na 1 m^3 betonu 170 kg/cm^2

„ 300	„	„	„	„	140	„
„ 200	„	„	„	„	100	„
„ 100	„	„	„	„	60	„

Przytoczone cyfry wytrzymałości stanowią najniższe wartości jakie beton może wykazać przy danej zawartości cementu; w praktyce otrzymuje się znacznie wyższe rezultaty.

W tablicy 6 zostały zestawione wyniki badań laboratoryjnych próbek betonowych wykonanych w okresie dwuletnim na różnych budowach i z różnych materiałów.

T a b l i c a 6.

Cementu kg. na 1m ³ betonu	200	300	400
Wytrzymałość w kg/cm ² po 28 dn. przecię na z \pm 50 próbek	234	300	387
n a j w i ę k s z a	377	363	437
n a j m n i e j s z a	111	195	308

W tablicy 7 zostały podane orientacyjne wytrzymałości dla zwykłych betonów żwirowych ubijanych i półciekłych jakie można otrzymać bez trudności przy prawidłowym projektowaniu betonu w zależności od ilości cementu.

T a b l i c a 7.

Cementu kg. na 1m ³ betonu	200	300	400
Wytrzymałość w kg/cm ² 28 dniach	beton ubijalny	250	300
	beton półciekły	—	200
			350
			250

Wytrzymałość na ścieranie. Przy budowie nawierzchni betonowych, oraz przy fabrykacji kostek drogowych, płyt chodnikowych, stopni schodowych — ogromne znaczenie ma odporność betonu na ścieranie. Następujące czynniki mają dodatni wpływ w tym kierunku bez uciekania się do sztucznych sposobów utwardzania betonu:

- 1) cement o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie i w większej ilości,
- 2) kruszywo dobrze uziarnione i pozbawione ziarn płaskich,
- 3) kruszywo jednorodne ze skał twardych drobnoziarnistych,
- 4) możliwie mała ilość wody,
- 5) staranne polewanie betonu i jak najdłuższe.

W wyjątkowych wypadkach dla zmniejszenia ścieralności betonu stosowane są specjalne grysiki patentowane z bardzo twardych materiałów naturalnych bądź sztucznych (np. bezet, drogobit, twardit).

Szczelność betonu. Uzyskanie szczelnego betonu, czyli odpornego na przesiakliwość wody bez żadnych sztucznych domieszek i uszczelnień zewnętrznych, wymaga spełnienia podobnych warunków jak przy betonie odpornym na ścieranie.

O ile spełnienie podanych wyżej warunków napotyka na trudności, można uszczelnić beton drogą sztuczną bądź przez pokrycie go odpowiednią powłoką uszczelniającą (najczęściej są to patentowane środki bitumiczne), bądź przez dodanie środka uszczelniającego do betonu w czasie mieszania.

Kontrola własności betonu. Przed rozpoczęciem budowy winny być wykonane próby mające na celu ustalenie należytego składu betonu z materiałów, które mają być użyte do budowy. Ocenę wytrzymałości betonu otrzymuje się z 28 dniowej, średniej wytrzymałości na ściskanie trzech walców o średnicy 16 cm. lub 19,6 cm. Próby te służą do określenia dopuszczalnych naprężeń w betonie, branych za podstawę przy obliczeniach statycznych. W celu sprawdzenia, czy jakość mieszaniny betonowej nie uległa zmianie, wykonywa się próby kontrolne wytrzymałości betonu podczas budowy dla każdej partii betonu wynoszącej nie więcej niż 200 m³. Każda próba kontrolna składa się z 3-ch próbek wziętych z tego samego zarobu betonu. Do kontroli mogą służyć walce o średnicy 8 cm., 16 cm. lub 19,6 cm. badane po 28 dniach.

Równocześnie z wykonaniem próbek sporządza się odpowiedni protokół wg. załączonego wzoru.

Pieczeń firmy

..... dn. 193...r.

PROTOKÓŁ Nr.

Sporządzenia w czasie budowy próbek betonu użytego do wykonania przed rozp. budowy przeznaczonego

Data wykonania próbek 193...r. Temperatura°C.

Miejsce wykonania próbek

Próbki wykonano na zarządzenie

Składniki betonu

R o d z a j	Ilość na 1 m ³ betonu	Pochodzenie
cement	kg	
piasek	litr.	
żwir-tłuczeń	litr.	
woda	litr.	

Stosunek w/c.....Betoni ubijalny
półciętkły Rozpliw stożkacm
ciętkły

Sposób mieszania betonu: ręczny, maszynowy.

Ilość i rodzaj wykonanych próbek: 3 próbki walcowe średn..... cm....

Oznaczenie próbek na górnej powierzchni

Sposób przechowywania próbek w temp.....°C.

Uwagi

Próbki należy poddać badaniu po.....dniami, t. j...../.....193..r.

Podpisy obecnych przy wykonaniu próbek:

Imię i nazwisko	Przedstawiciel	Podpis
1
2
3
4
5
6

Wyniki badań przeprowadzonych w

dnia.....193..r., t. j. po..... dniami przez

Wytrzymałość na ściskanie

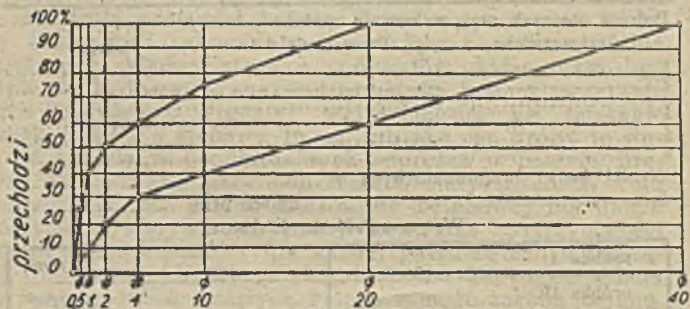
próbka I	kg./cm ²
próbka II	kg./cm ²
próbka III	kg./cm ²
średnio	kg./cm ²

Uwagi

Próba przesiewu kruszywa.

Fracja mm.	Pozostaje na sicie				Przech. przez sito		
	otwór sita	1 próba g	2 próba g	śred- no g	%	otwór sita	Ś u m a d %
0—0,5	0					0,5	
0,5—1	0,5					1	
1—2	1					2	
2—4	2					4	
4—10	4					10	
10—20	10					20	
20—40	20					40	
40—80	40					80	
R a z e m							

Krzywa przesiewu kruszywa.



Podpisz wykonującego:

Przy budowie nawierzchni betonowych wykonywa się próbki walcowe o średnicy 16 cm. do prób na ściskanie beleczki próbne o wymiarach 10×15×70 cm. do stwierdzenia wytrzymałości betonu na zginanie, oraz dla warstwy ściernej — próbki sześciennie 7×7×7 cm. w celu określenia stopnia ścierności betonu na tarczy Bohme'go.

Przewidywanie 28 dniowej wytrzymałości. W praktyce budowlanej bardzo często, zwłaszcza przy projektowaniu betonu, zachodzi potrzeba wcześniejszego zorientowania się o 28 dniowej wytrzymałości badanego betonu. Do tego celu służyć może wzór Slatera ($R_{28} = R_7 + 8 \sqrt{R_7}$) uogólniony przez Prof. W. Paszkowskiego na zasadzie licznych prób w postaci następującej:

$$R_{28} = R_d + a_d \sqrt{R_d}$$

gdzie:

d — oznacza termin badania próbki w dniach (między 3 a 28 dniem od chwili wykonania),

R_d — rzeczywista wytrzymałość na ściskanie osiągnięta w dniu (d) badania,

a_d — współczynnik doświadczalny odpowiadający terminowi d ; dla cementu portlandzkiego normalnego

$a_d = 0,933 \sqrt{\frac{28 - d}{d - 1}}$. dla cementu portlandzkiego przeumie-

go $a_d = 0,565 \sqrt{\frac{28 - d}{d - 1}}$

Bardzo bliskie rzeczywistości rezultaty daje metoda opracowana przez dr. Bukowskiego *), polegająca na przewidywaniu 28 dniowej wytrzymałości betonu na podstawie wytrzymałości rzeczywistej przy twardnieniu przyspieszonym za pomocą gotowania.

Powyższa metoda jest o tyle cenna, że już po dobie od chwili wykonania betonu daje możliwość zorientowania się w jego miarodajnej wytrzymałości.

*) Dr. Inż. B. Bukowski. Przewidywanie 28 dniowej wytrzymałości betonu. Warszawa 1936 r.

Wytrzymałość na ściskanie próbek betonowych walcowych o średn. 8 cm po 28 dniach przy różnych zawartościach cementu i różnej ciekłości betonu.

Ciekłość betonu	Cementu w kg na 1 m ³ betonu	Wytrzymałość w kg/cm ²
ubijalny	192	256
półciekły	255	236
ubijalny	350	400
półciekły	350	364

Własności betonów do nawierzchni betonowych.

Przeznaczenie betonu	Rodzaj betonu	Ilość cementu w kg na 1 m ³ betonu	Wytrzymałość na ściskanie w kg/cm ² po 28 dniach		Wytrzymałość na zginanie w kg/cm ² po 28 dniach	
			wymagana minimalna	średnia rzeczywista	wymagana minimalna	średnia rzeczywista
Dolna warstwa płyty betonowej	z wirowy. ubijalny	250—300	250	310	30	40
Górna warstwa płyty betonowej	z gryków szlachetn., ubijalny	350—400	350	420	40	60

ASFALTY.

Asfalt jest to substancja koloru czarnego do czarno — brązowego o konsystencji stałej lub półstałej i własnościach wiążących, występująca w naturze lub otrzymywana jako pozostałość podestylacyjna ropy naftowej, przechodząca pod wpływem ogrzewania stopniowo w stan ciekły, a następnie gazowy, i składająca się z bitumów (mieszanina węglowodorów) rozpuszczalnych całkowicie w dwusiarczku węgla.

Asfalt obok smół stanowi jedną z ważniejszych gałęzi bitumów i dlatego często spotyka się nazwę „bitum asfaltowy”. Odnośnie terminologii „asfalt” istnieją dotychczas duże rozbieżności. Pod nazwą „asfalt” w pewnych krajach np. w Wielkiej Brytanii rozumie się mieszaninę naturalną lub sztuczną bitumu asfaltowego z substancją mineralną.

W Polsce i w wielu innych krajach np. Stany Zjednoczone A.P., Niemcy, nazwę asfalt lub bitum asfaltowy stosuje się do produktów naturalnych i produktów otrzymywanych przez destylację ropy naftowej.

Często używa się określenia asfalt naturalny i asfalt ponaftowy.

Asfalt i jego składniki,

Asfalt przedstawia skomplikowany układ koloidalny w którym fazę rozproszoną stanowią wysokomolekularne związki chemiczne (węglowodory) zawieszane w ośrodku oleistym.

W asfalcie zidentyfikowano następujące grupy składników, tworzące związki o budowie chemicznej dotychczas całkowicie niewyjaśnionej: Asfalteny, Żywice asfaltowe, Karbeny i Składniki olejowe.

Własności fizyczne asfaltu, jako układu koloidalnego zależą nie tylko od stosunku ilościowego powyższych składników, lecz również od ich stanu rozproszenia.

Fazę rozproszoną stanowią asfalteny i żywice asfaltowe w ośrodku rozpraszającym składników olejowych.

W zależności od czasu i intensywności ogrzewania asfaltu oraz działania takich czynników jak tlen powietrza zachodzą w składnikach asfaltu pewne przemiany, powodujące przejście jednych składników w drugie.

Ogólnie można przyjąć, że składniki olejowe przechodzą w żywice asfaltowe, które z kolei przechodzą w asfalteny. Intensywniejsze i dłuższe ogrzewanie powoduje powstawanie karbenów, które są dowodem przepalenia asfaltu.

Przemiany powyższe mają bezpośredni wpływ na własności fizyczne asfaltu, powodując podwyższenie jego temperatury, mięknięcia i jednocześnie obniżenie jego własności plastycznych.

Duża zawartość asfaltenów w asfalcie stanowi o jego wysokiej temp. mięknięcia oraz dużej odporności na zmiany temperatury. Żywice asfaltowe nadają asfaltowi pożądaną ciągliwość. Składniki olejowe stanowią o dobrych własnościach plastycznych w niskiej temperaturze.

T y p y	300	150/220	80/150	50/80	40/60	30/40
Cieźar właściwy /15%/	około 1	nie mniej 1	nie mniej 1	nie mniej 1	nie mniej 1	nie mniej 1
Temperatura zapłonu /Marcussou/	nie niżej 200°	nie niżej 200°	nie niżej 200°	nie niżej 200°	nie niżej 200°	nie niżej 200°
Temperatura mięknięcia /Piers, leń i kuła/	26° do 37°	34° do 45°	38° do 51°	43° do 56°	46° do 58°	52° do 65°
Temperatura tężliwości /Fraass/	nie wyżej - 20°	nie wyżej - 15°	nie wyżej - 10°	nie wyżej - 8°	nie wyżej - 6°	nie wyżej - 5°
Penetracja /15%/	170° do 75°	—	—	—	—	—
Penetracja /25%/	nie niżej 300°	220° do 150°	150° do 80°	80° do 60°	60° do 40°	40° do 30°
Ciężliwość /25%/	—	nie niżej 80 cm	nie niżej 60 cm	nie niżej 50 cm	nie niżej 40 cm	nie niżej 30 cm
Odparowność 165—5 godz./	nie więcej 1%	nie więcej 1%	nie więcej 1%	nie więcej 1%	nie więcej 1%	nie więcej 1%
Penetracja /25%/ po odparowaniu,	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%
Ciężliwość /25%/ po odparowaniu,	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%	nie mniej 60%
Rozpuszczalność w dwusiatku węglu /CS2/	nie mniej 99%	nie mniej 99%	nie mniej 99%	nie mniej 99%	nie mniej 99%	nie mniej 99%
Zastosowanie:	<p>Typ 300 i 150/220 do fluksowania, wyrobu emulsji, utwardzeń powierzchniowych i bitumowania gryzów.</p> <p>Typ 80/150 i 60/80 do makadambów asfaltowych, bitumowania gryzów, mas do selekcji spoin, ciężkich tytułów nawierzchni bitumicznych, nalewania spoin.</p> <p>Typ 40/60 i 30/40 do stabilizacji smół, ciężkich tytułów nawierzchni bitumicznych, asfaltów lonych.</p>					

Karbeny są produktem przepalenia asfaltu, powodują jego kruchość. Zawartość ich w asfalcie jest czynnikiem niepożądanym. Dobrze przygotowane asfalty ponaftowe karbenów nie zawierają.

W praktyce można przyjąć, że ogrzewanie asfaltów do temperatury nie wyższej jak 170°C . nie wywołuje istotnych zmian we własnościach fizycznych asfaltu, o ile czas ogrzewania nie jest bardzo długi. Ogrzewanie w temperaturach wyższych prowadzi do obniżenia własności plastycznych asfaltu, w stopniu zależnym od wysokości temperatury i czasu jej działania.

Jako zasadę należy stosować ogrzewanie asfaltu tylko do tej temperatury, jaka jest niezbędna w danych warunkach do nadania mu stopnia pożądanej płynności, przyczym należy dążyć do skrócenia czasu ogrzewania do minimum.

Otrzymywanie asfaltów.

Asfalty używane w budownictwie mogą być pochodzenia naturalnego t.zw. asfalty naturalne, bądź też otrzymywane jako produkty podestylacyjne ropy naftowej t.zw. asfalty ponaftowe.

Asfalty naturalne używane w budownictwie drogowym można podzielić na dwie grupy :

1. Skąły bitumiczne, w których materiał mineralny, przeważnie wapien a rzadziej piaskowce, jest przesycony bitumami asfaltowymi, których zawartość dochodzi czasami do 10 — 15% wagowo. Wapienie bitumiczne odgrywają dużą rolę w drogownictwie. Dawniej stosowane były po uprzednim zmieleniu, oraz ogrzaniu do odpowiedniej temperatury i ubiciu lub sprasowaniu, jako nawierzchnie z t.zw. asfaltu prasowanego. Ze względu jednak na dużą śliskość, nawierzchnie tego typu wyszły zupełnie z użycia i obecnie stosuje się wapienie bitumiczne na szeroką skalę jako dodatek do różnorodnych typów nawierzchni asfaltowych z bardzo dobrymi wynikami.

2. Asfalty naturalne występują w przyrodzie w postaci żył w skale lub jezior asfaltowych. Najważniejsze znaczenie do budowy nawierzchni zyskał asfalt Trynidadzki, wydobywany ze słynnego jeziora asfaltowego na wyspie Trynidad, należącej do grupy wysp Antylskich. Po wydobyciu z jeziora poddany on jest przez ogrzewanie procesowi oczyszczenia, który polega na usunięciu zawartej w nim wody, występującej w stanie zemulgowanym w ilości do 29%, oraz grubszych zanieczyszczeń mineralnych. Po takim oczyszczeniu jest używany pod nazwą „Trinidad Epuré”. Charakterystyczną cechą asfaltu Trinidad — Epuré jest zawartość koloidalnych cząsteczek mineralnych, które składają się głównie z bardzo rozdrobnionej krzemionki i gliny. Zawartość tych części mineralnych wynosi około 43% i stanowią one jednolitą i równomiernie rozproszoną zawiesinę w asfalcie. Trinidad — Epuré posiada wysoką temp. mięknięcia około 90°w/g „Krämer i Sarnow” i stosunkowo do tej temperatury dobre własności plastyczne, oraz wysoką odporność na działanie czynników atmosferycznych.

Z dalszych rodzajów asfaltów naturalnych, które znajdują większe zastosowanie w przemyśle do wyrobu farb, lakierów, czernideł drukarskich oraz pewnych materiałów izolacyjnych przeciw wilgoci, należy wymienić asfalty Syryjskie, asfalt z Morza Martwego oraz grupę asfaltów t.zw. asfaltyty, do których należą Gilsonit, Grahamit i inne. Oznaczają się one bardzo wysokimi temperaturami mięknięcia.

Asfalty naturalne ze względu na swą dużą twardość stosują się w praktyce dopiero po ich odpowiednim zmiękczeniu t.zw. fluksowaniu. Ma to zwłaszcza miejsce przy użyciu ich do budowy nawierzchni bitumicznych.

Asfalty ponaftowe.

Pod tą nazwą mamy całą gamę różnych gatunków asfaltów, których skład i własności różnią się w zależności od charakteru ropy naftowej z jakiej zostały one otrzymane, jak również od sposobu przeprowadzonej destylacji.

Ropy naftowe w zależności od zawartości w nich asfaltu można podzielić na 3 zasadnicze typy :

Ropy asfaltowe o zawartości	.. ..	od 30 — 70% asfaltu
„ półasfaltowe o zawartości	.. ..	„ 10 — 35% „
„ parafinowe (bezasfaltowe)	.. ..	„ 0 — 10% „

Najwięcej odpowiednimi ropami do otrzymywania asfaltów są ropy asfaltowe. Ropy parafinowe uchodziły przez długi okres czasu za nieodpowiednie do produkcji asfaltów drogowych, jednakże na skutek udoskonaleń technicznych procesu destylacji można było otrzymać asfalty, które odpowiednio użyte dawały całkowicie zadowalające wyniki w praktyce.

Z rop mających znaczenie na wielkich rynkach światowych wysuwają się na pierwsze miejsce ropy meksykańskie, zwłaszcza pochodzące z okręgu Ebanó oraz ropy z Wenezueli. Ropy te wykazują zawartość asfaltu od 40 — 75%. Ropy polskie wykazują zawartość asfaltu od 4 — 10%.

Asfalt z ropy naftowej otrzymuje się przez t.zw. proces destylacji, który polega na ogrzewaniu ropy naftowej w odpowiednich kotłach lub specjalnych instalacjach. Pod wpływem ogrzewania odparowują z ropy składniki w kolejności ich temperatur wrzenia, które następnie są skraplane i odprowadzane do odpowiednich odbieralników. W wyniku takiej destylacji otrzymuje się następujące frakcje destylatów : benzyna, nafta, lekki olej pogazowy, ciężki olej pogazowy, olej parafinowy i oleje smarne. Jako pozostałość podestylacyjną otrzymuje się produkt barwy czarnej lub czarno-brązowej o konsystencji b. gęstej cieczy t.zw. olej drogowy lub olej asfaltowy, który podlega dalszej przeróbce przez ogrzewanie z parą wodną lub pod próżnią na odpowiednie asfalty o różnych gradacjach twardości.

Z technicznych metod destylacji znane są destylacja kotłowa, destylacja „kaskadowa” i destylacja rurowa t.zw. „pipestill.” Destylacja rurowa „pipestill” zmniejsza bardzo znacznie intensywność i czas ogrzewania ropy naftowej, dzięki czemu pozwala na otrzymanie asfaltów o wysokiej jakości nawet z gatunku ropy parafinowych. System ten wyparł stare metody, jak destylację kotłową i kaskadową.

Należy również wspomnieć o destylacji rozkładowej (cracking), która daje asfalt zbliżony swym charakterem chemicznym do smół, stanowiący pewnego rodzaju przejście między asfaltami, a pakami smołowymi.

Asfalty dmuchane stanowią odrębną grupę produktów. Otrzymuje się je przez ogrzewanie oleju asfaltowego w ciągu dłuższego okresu czasu w temperaturze 200 — 300° C. i jednocześnie przedmuchiwanie powietrza lub powietrza i pary wodnej razem. Na skutek tych procesów zwiększa się znacznie zawartość asfaltenów kosztem żywic asfaltowych przy nieznacznym stosunkowo zmniejszeniu się składników olejowych. Asfalty dmuchane charakteryzują się wysoką temperaturą mięknięcia i stosunkowo do tej temperatury mięknięcia wysoką penetracją i niskim punktem łamliwości, natomiast małą ciągliwością na skutek zmniejszenia się zawartości żywic asfaltowych.

Ze względu na wysoką odporność na działanie czynników atmosferycznych (duża zawartość asfaltenów) i temperatury stanowią bardzo cenny materiał do produkcji materiałów izolacyjnych przeciw wilgoci.

Ze względu na niską ciągliwość nie są zbyt odpowiednie jako asfalty drogowe, chociaż w niektórych krajach jak np. Holandii używane są do mastyksów, bądź też jako dodatek do zwykłych asfaltów ponaftowych.

ASFALT JAKO LEPISZCZE W NAWIERZCHNIACH.

Od lepiszcza asfaltowego w nawierzchni wymaga się :

1. Jednolitego składu i braku bezużytecznych i szkodliwych domieszek.
2. Związania agregatu mineralnego nawierzchni w całość zwartą, która nie mięknie latem i nie twardnieje zbyt zimą.
3. Odporności na działanie wody i niszczących wpływów atmosferycznych.
4. Odpowiedniej plastyczności i elastyczności, co jest konieczne aby nawierzchnia była odporna na uderzenia pod wpływem ruchu, aby nie tworzyły się na niej rysy i pęknięcia w niskich temperaturach oraz, aby posiadała własności wyrównywania tych pęknięć w wyższej temperaturze.

5. Odporności na zmiany we własnościach plastycznych na skutek zmian temperatury.
6. Łatwej urabialności w niezbyt wysokich temperaturach, celem ułatwienia należytego wymieszania z agregatem mineralnym oraz wbudowania mieszaniny mineralno-asfaltowej na drodze bądź to na gorąco, bądź też na zimno.

W zależności od rodzaju nawierzchni asfaltowej, od sposobu jej wykonania bądź to na zimno lub na gorąco, od warunków ruchu i warunków klimatycznych stosuje się różne typy lepiszczy asfaltowych.

Asfalty stosowane jako lepiszcze do budowy nawierzchni bitumicznych można podzielić na dwie zasadnicze grupy :

1. Lepiszcza asfaltowe t.zw. cementy asfaltowe o konsystencji stałej i półstałej, używane do budowy nawierzchni asfaltowych na gorąco.
2. Lepiszcza asfaltowe preparowane o konsystencji b. gęstych i gęstych cieczy, jak asfalty upłynnione i emulsje asfaltowe, które używa się przy nieznacznym podgrzaniu (gęstsze asfalty upłynnione) lub też na zimno (rzadsze asfalty upłynnione i emulsje asfaltowe). Odnosnie emulsji asfaltowych należy podkreślić, że ze względu na sposób produkcji i specyficzne własności stanowią całkowicie odrębną grupę produktów asfaltowych.

Cementy asfaltowe.

Cementy asfaltowe są to asfalty o konsystencji stałej i półstałej, która wyraża się w stopniach penetracji określonej w temp. 25° C. Otrzymuje się je bądź to bezpośrednio z pozostałości podestylacyjnej ropy naftowej (olej asfaltowy) przerobionej na asfalty o odpowiedniej penetracji, bądź też przez wymieszanie asfaltów naturalnych z mniejszymi gradacjami asfaltów ponaftowych lub olejami fluksującymi.

Fluksowaniem nazywa się proces zmiękczenia twardych asfaltów naturalnych bądź też ponaftowych przez wymieszanie na gorąco z odpowiednią ilością olejów wysokowrzących.

Jako fluksy stosuje się oleje asfaltowe, miękkie asfalty ponaftowe i oleje krezotowe (smołowe).

Przydatność cementów asfaltowych do pewnych typów nawierzchni bitumicznych określa się na podstawie następujących ich własności :

1) **Ciężar właściwy asfaltu** w temperaturze badania wyraża się stosunkiem masy pewnej objętości asfaltu do masy tej samej objętości wody w danej temperaturze.

Ciężar właściwy asfaltów zawiera się od 0,99 (dla asfaltów b. miękkich-penetracja w 25° C. około 300°) do 1,070 dla asfaltów twardych.

2) **Temperatura kapnięcia** w/g Ubbelohde jest to temperatura w której asfalt osiągnął taki stopień płynności, że wypływa przez znormalizowany otwór pod własnym ciężarem. Jest to innymi słowy granica płynności dla cementów asfaltowych.

3) **Temperatura mięknięcia** jest to temperatura w której asfalt osiąga pewien określony stopień zmiękczenia ustalony warunkami wykonywanego pomiaru. Istnieją dwie najczęściej używane metody pomiaru temperatury mięknięcia. Temperatura mięknięcia według Krämer-Sarnow (Kr. i S.) i temperatura mięknięcia według Pierścienia i Kuli (P i K). Temperatura mięknięcia asfaltu w/g P i K jest wyższa od 11 — 13° C. od temperatury mięknięcia oznaczonej w/g Kr. i S. Temperatura mięknięcia w/g P i K została wprowadzona do norm polskich, jako standartowa.

4) **Penetracja asfaltu** wyraża się w stopniach, przycym 1° odpowiada zagłębieniu się igły w badany asfalt pod obciążeniem 100 gr. w temperaturze 25° C. na głębokość 0,1 m/m. Celem określenia zmian konsystencji i plastyczności asfaltu w różnych temperaturach stosuje się oznaczenie penetracji w trzech różnych temperaturach np. 50, 25 i 0° C., albo 40, 20 i 0° C. i wykreśla się krzywą penetracji w zależności od temperatury.

5) **Ciągliwość asfaltu** mierzy się długością nitki otrzymanej przy równomiernym rozciąganiu asfaltu w odpowiednich foremkach w temp. 25° C. Ciągliwość asfaltu wyraża się w cm. Często oznacza się również ciągliwość w kilku temperaturach.

6) **Temperatura łamliwości według Frassa** jest to temperatura w której asfalt traci swą plastyczność i staje się kruchy.

7) **Odparowalność asfaltu** określa zmiany we własnościach plastycznych asfaltu, jakie mogą zachodzić na skutek jego ogrzewania w wysokiej temperaturze w ciągu określonego czasu. Temperatura pomiaru 163° C., czas ogrzewania 5 godzin. Określa się stratę na ciężarze spowodowaną ubytkiem łatwiej lotnych olejów oraz temp. mięknięcia, penetrację w 25° C. i ciągliwość po odparowalności.

8) **Temperatura zapłonu i temperatura palenia.** Temperatura zapłonu jest to temperatura w której pary wydzielonez asfaltu zapalają się na krótki moment za zbliżeniem płomyka gazowego ; temperatura palenia w której pary palą się za zbliżeniem tego płomyka.

W praktyce bezpieczna temperatura ogrzewania asfaltu powinna znajdować się o 15° C. poniżej oznaczonej temperatury zapłonu.

9) **Rozpuszczalność w dwusiarczku węgla** pozwala na stwierdzenie obcych zanieczyszczeń mineralnych, wolnego węgla i pewnych nierozpuszczalnych substancji organicznych.

Ocena własności fizycznych.

Podstawą oceny asfaltów odnośnie ich przydatności dla celów praktycznych jest określenie zmian ich własności plastycznych i konsystencji wraz ze zmianami temperatury.

Miarą konsystencji asfaltu nie jest tylko wartość penetracji. Całkowity obraz konsystencji asfaltu, a zatem i jego własności plastycznych może być przedstawiony tylko przez łączne rozpatrzenie takich jego własności fizycznych jak temperatura kapnięcia, mięknięcia, łamliwości, penetracja i ciągliwość. Własności te stoją w ścisłej zależności od siebie i wzajemny

ch stosunek jest charakterystyczną cechą dla danego rodzaju asfaltu. Każdej danej temperaturze mięknięcia odpowiada pewna penetracja, temp. łamliwości i ciągliwość. Przechodząc od temperatury kapnięcia po przez temperaturę mięknięcia aż do temperatury łamliwości otrzymuje się obraz zmian konsystencji badanego asfaltu od płynnej do konsystencji ciała stałego. Różnica między tymi krańcowymi temperaturami (temp. kapnięcia i temp. łamliwości) przedstawia zasięg temperatur, w granicach których asfalt wykazuje pewne określone własności plastyczne i daje nam obraz wrażliwości asfaltu na działanie temperatury. Powyższe oznaczenia określają konsystencję asfaltu tylko w granicznych punktach, a mianowicie płynności, zmiękczenia i zestalenia się. Lukę tę wypełnia oznaczenie penetracji asfaltu, która jest miarą jego konsystencji w temperaturach leżących między temp. mięknięcia i temp. łamliwości. Oznaczając zatem penetrację asfaltu w 3 temperaturach znajdujących się w obrębie temp. mięknięcia i łamliwości otrzyma się dokładny obraz zmian konsystencji asfaltu. Ciągliwość asfaltu zależy nie tylko od konsystencji, lecz jest również miarą kohezji wewnętrznej cząstek i napięcia powierzchniowego. Istnieje optymalna temperatura w której ciągliwość asfaltu osiąga swą maksymalną wartość. Temperatura ta zwykle leży 28 — 32° C. poniżej temp. mięknięcia asfaltu w/g P i K.

Jako podstawę podziału cementów asfaltowych używanych do nawierzchni bitumicznych przyjęto penetrację w 25° C. i temp. mięknięcia w/g P i K.

Według norm polskich asfalty drogowe krajowe powinny odpowiadać następującym wymaganiom : (patrz Tablica).

Celem lepszego uzyskania właściwości asfaltu użytego do danego typu nawierzchni stosuje się mieszanki 2 albo 3 rodzajów asfaltów. Ma to na celu osiągnięcie mieszanki, któraby wykazywała własności przeciętne lepsze, niż poszczególne wzięte gatunki asfaltów.

Otrzymane wyniki często nie są średnioarytmetyczną własności poszczególnych składników, dlatego winny być każdorazowo laboratoryjnie zbadane.

ASFALTY UPŁYNNIONE.

Asfalty upłynnione są to cementy asfaltowe przeważnie o penetracji w 25° C. 80/120° i 120/300°, doprowadzone do konsystencji gęstych i półgęstych cieczy przez wymieszanie ich z odpowiednią ilością olejów upłynniających.

Ilość dodanych olejów (rozpuszczalników) zależy od ich zdolności upłynniającej, od wymaganych własności asfaltu upłynnionego i waha się w granicach dla różnych typów produktów od 10 — 40% wagowo w stosunku do wagi asfaltu upłynnionego.

Rola tych olejów ogranicza się do nadania asfaltowi upłynnionemu pożądanej płynności, umożliwiającej dobre otoczenie ziaren agregatu mineralnego w temperaturach niezbyt wysokich, albo na zimno, oraz

zapewnienia lepszczy własności smarych na czas potrzebny dla całkowitej komprymacji nawierzchni pod ruchem. Następnie zachodzi odparowanie na drodze dodanych rozpuszczalników, pozostawiając w nawierzchni lepiszczce o właściwościach wyjściowego cementu asfaltowego.

Należy zaznaczyć, że stosowanie asfaltów upłynnionych na szeroką skalę datuje się stosunkowo od niedawna.

Głównymi zaletami budowy nawierzchni bitumicznych przy użyciu asfaltów upłynnionych są :

1. Możliwość budowania szorstkich nawierzchni, brak tworzenia się fal.
2. Łatwość i prostota wykonania, przy użyciu stosunkowo nieskomplikowanego aparatu pracy (ludzi i maszyn).
3. Łatwość technicznej kontroli nad jakością wykonania.
4. Możliwość stopniowego komprymowania nawierzchni pod ruchem.
5. Możliwość budowy cienkich i tanich pokrowców bitumicznych, czego nie można osiągnąć przy nawierzchniach budowanych na gorąco.
6. Wyeliminowanie możliwości przepalenia asfaltu, co ma często miejsce przy budowie nawierzchni na gorąco, zwłaszcza przy niewykwalifikowanym personelu technicznym.

Ujemną stroną asfaltów upłynnionych jest ich stosunkowo wyższa cena w porównaniu z cementami asfaltowymi. Dochodzi bowiem koszt dodanych rozpuszczalników, które ułatwiają się z nawierzchni, a ponadto koszt przygotowania związany z mieszaniem i rozpuszczaniem na gorąco.

Przydatność asfaltów upłynnionych do celów praktycznych określa się na podstawie badania następujących jego własności.

1. Wygląd i zewnętrzne własności.

2. Obraz mikroskopowy pod 500 krotnym powiększeniem.

3. Wiskoza jest najważniejszą własnością fizyczną i stanowi podstawę do podziału asfaltów upłynnionych na pewne typy. Wiskoza jest miarą oporu wewnętrznego jaki ciecz stawia przy wypływie. Wiskoza asfaltów upłynnionych mierzy się czasem wypływu pewnej określonej objętości asfaltu upłynnionego w danej temperaturze przez otwór o ściśle znormalizowanych wymiarach. Jako aparaty pomiarowe stosuje się wiskozymetr B.T.A. (w/g norm polskich), w Stanach Zjednoczonych A.P. stosuje się wiskozymetr „Saybolt-Furol“.

Wiskoza jest z jednej strony miarą płynności asfaltu upłynnionego, z drugiej strony miarą jego własności wiążących.

Im wiskoza jest większa, tym siła wiążąca asfaltu poszczególne ziarna mineralne będzie większa, lecz tym jego płynność jest mniejsza.

Z zasady należy stosować asfalty upłynnione o maksymalnych własnościach wiążących, ale dostatecznie płynne, aby zapewnić należytą penetrację włąb w danych warunkach, albo odpowiednie własności smarne na czas komprymacji nawierzchni pod ruchem.

Obie te własności mają swój wyraz w odpowiednio dobranej wiskozie asfaltu upłynnionego.

Wraz ze wzrostem temperatury wiskoza zmniejsza się bardzo znacznie.

4) Destylacja asfaltów upłynnionych ma na celu :

1. określenie zawartości i jakości rozpuszczalnika użytego do produkcji asfaltu upłynnionego.
2. określenie własności plastycznych otrzymanej pozostałości podestylacyjnej, która odpowiada w pewnym przybliżeniu lepiszczu asfaltowemu, jakie zostanie w nawierzchni po ostatecznym odparowaniu wszystkich lotnych frakcji olejowych.

Destylację prowadzi się w/g Norm Amerykańskich A.S.T.M. do temperatury 360° notując ilość destylatów w odpowiednich temperaturach (patrz normy).

Podział i zastosowanie asfaltów upłynnionych.

Asfalty upłynnione zostały podzielone w zależności od ich szybkości wiązania i stopnia płynności na odpowiednie typy, klasyfikujące je do danych celów praktycznych. Dla przedstawienia własności i składu stosowanych asfaltów upłynnionych podaje się normy St. Zjednoczonych A.P.

Normy te dzielą asfalty upłynnione (t.zw. liquid asphalts), przyjmując za podstawę szybkość ich wiązania na 3 zasadnicze typy, a mianowicie szybko - wiążące, średnio - wiążące i wolno - wiążące.

Należy zaznaczyć, że produkty zaklasyfikowane jako wolno wiążące nie należą do typu asfaltów upłynnionych (cut-back asphalts). Są to poprostu zwykłe oleje drogowe (pozostałość podestylacyjna ropy naftowej niepoddana dalszej przeróbce na cemeny asfaltowe), stosowane przeważnie jako środek prewencyjny do wiązania kurzu na nawierzchniach szutrowych oraz jako „fluks“ przy budowie specjalnych pokrowców i nawierzchni bitumicznych przy użyciu asfaltu sproszkowanego. (Np. typ nawierzchni Colprovia.)

Nie znajdują one większego zastosowania do wykonywania innych typów nawierzchni asfaltowych.

Asfalty upłynnione szybko - wiążące (Rapid Curing Cut-back Asphalts) otrzymuje się przez wymieszanie cementu asfaltowego o penetracji w 25° C. 80 — 120° z łatwo lotnymi rozpuszczalnikami, jak solwent nafta, gazolina oraz w nieznacznej ilości rozpuszczalnikami trudniej lotnymi. Całkowita ilość dodanych rozpuszczalników w zależności od rodzaju asfaltu upłynnionego wynosi :

Dla typu	RC — 0	..	około	40%	
„	„	RC — 1	..	„	32%
„	„	RC — 2	..	„	25%
„	„	RC — 3	..	„	20%
„	„	RC — 4	..	„	15%
„	„	RC — 5	..	„	10%

Stopień lotności tych rozpuszczalników jest określony w normach przez podanie granicznych temperatur w jakich odpowiedni procent objętościowy rozpuszczalnika winien oddestylować (patrz. tabela).

Asfalty upłynnione średnio-wiążące (Medium Curing Cut-back Asphalts) otrzymuje się przez wymieszanie cementu asfaltowego o penetracji 25° C. 120 — 300° z trudniej lotnymi rozpuszczalnikami takimi jak nafta, olej wrzecionowy i inne.

Całkowita ilość dodanych rozpuszczalników w zależności od typu produktu wynosi :

Dla typu MC — 0	..	około 40%
„ „ MC — 1	..	„ 32%
„ „ MC — 2	..	„ 25%
„ „ MC — 3	..	„ 20%
„ „ MC — 4	..	„ 15%
„ „ MC — 5	..	„ 10% (Patrz tabela).

Różnica zatem między produktami szybko-wiążącymi a średnio-wiążącymi według norm amerykańskich polega na różnicy temperatur wrzenia danych rozpuszczalników oraz własności wyjściowego cementu asfaltowego.

Należy podkreślić, że może istnieć jeszcze szereg innych alternatyw odnośnie wyboru odpowiednich rozpuszczalników i ich proporcji. Zdaniem autora w warunkach polskich należy się liczyć z możliwością stosowania tylko rozpuszczalników otrzymywanych przy destylacji smoły węglowej, ze względu na brak dostatecznej ilości łatwo lotnych rozpuszczalników pochodzących z destylacji ropy naftowej.

W takim wypadku zarówno graniczne temperatury wrzenia, jak i odpowiadające im zawartości oddestylowanych rozpuszczalników, określone w normach powyższych musiałyby ulec zmianom.

Asfalty upłynnione szybko-wiążące RC.

Z a s t o s o w a n i e .

- Uwaga 1. do powierzchniowego utrwalaania,
 „ 2. do otaczania na drodze kruszywa niezestawionego na minimum próżni,
 „ 3. do wykonywania lat na drodze przy użyciu kruszywa niezestawionego na minimum próżni,
 „ 4. do otaczania kruszywa w mieszarkach na zimno,
 „ 5. do makadamów i wglębnego utrwalaania na zimno.

Asfalty upłynnione średnio-wiążące MC.

Z a s t o s o w a n i e :

- Uwaga 1. do wstępnego spryskiwania,
 „ 2. do powierzchniowego utrwalaania,
 „ 3. do otaczania przez wymieszanie na drodze z kruszywem niezestawionym na minimum próżni,
 „ 4. do otaczania przez wymieszanie na drodze z kruszywem zestawionym na minimum próżni,
 „ 5. do wykonania lat na zimno przy użyciu kruszywa niezestawionego na minimum próżni.

Asfalty uplynnione średnio-wiążące (Medium-Curing Cut-back Asphalts)

Oznaczenie	MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
Zastosowanie (patrz uwagi)	1	1	1, 2, 4, 6	2, 3, 4, 5, 7	2, 3, 5, 7	2, 7
Temperatura zapłonu w °C. (rygiel otwarty) nie mniej jak	37,8	37,8	65,3	65,5	65,5	65,5
Wiskoza według Saybolt-Furol — w temperat.	75 — 150	75 — 150	—	—	—	—
„ 25° C.	—	—	—	—	—	—
„ 50° C.	—	75 — 150	100 — 200	250 — 500	—	—
„ 60° C.	—	—	—	—	—	—
„ 82,2° C.	—	—	—	—	125 — 150	300 — 600
Destylacja A.S.T.M. (w % objętościowych w stosunku do całkowitej objętości destylatów do 360° C.) —						
do 225° C. nie mniej jak	25	20	21	5	0	0
„ 260° C. „ „ „	40 — 70	25 — 65	15 — 55	5 — 40	30 —	20 —
„ 315° C. „ „ „	70 — 93	70 — 90	60 — 87	55 — 75	40 — 80	20 — 75
Pozostałość po destylacji do 360° C. (w % objętościowych, obliczona z różnicą) nie mniej jak	50	60	67	73	78	82
Właściwości pozostałości po destylacji —						
Penetracja w 25° C.	120 — 300	120 — 300	120 — 300	120 — 300	120 — 300	120 — 300
Głębokość w 25° C. nie mniej jak	100	100	100	100	100	100
Rozpuszczalność w CCl ₄ (czterochlorek węgla) w % wagowych — nie mniej jak	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5

- „ 6. do wykonania łat na zimno przy użyciu kruszywa zestawionego na minimum próżni,
„ 7. do otaczania kruszywa zestawionego na minimum próżni w mieszarkach.

EMULSJE ASFALTOWE.

Emulsja asfaltowa jest to zawiesina bardzo drobnych cząsteczek (kuleczek) asfaltu w wodzie otrzymana na skutek mechanicznego wymieszania asfaltu z wodą przy równoczesnym wprowadzeniu odpowiedniego emulgatora.

Działanie emulgatora polega na zmniejszeniu różnicy napięć powierzchniowych występujących na granicznej powierzchni zetknięcia się kuleczek asfaltu z wodą.

Kuleczki asfaltu adsorbują na swej powierzchni cząsteczki emulgatora tworząc naokoło siebie jakgdyby cienką błonkę wykazującą ujemny ładunek elektryczny w stosunku do wody. Na skutek przyciągania cząsteczek wody tworzy się nazewnątrz płaszcz wodny, działający jako warstwa ochronna, zapobiegająca łączeniu się (koalescencji) kuleczek asfaltu ze sobą.

Trwałość emulsji asfaltowej zależy będzie od grubości wytworzonego filmu emulgatora, od stopnia rozdrobnienia asfaltu (wielkości kuleczek), od ładunku elektrycznego i różnicy potencjałów między fazą rozproszoną i rozpraszającą, od różnicy napięć powierzchniowych asfaltu i wody oraz od ciężaru właściwego użytego asfaltu.

Stosuje się :

1. Emulgatory rozpuszczalne w wodzie (molekularnie lub koloidalnie) jak różne alkalia, mydła, białka, żelatyna, sole wysokomolekularnych kwasów organicznych itp.
2. Emulgatory nierozpuszczalne w wodzie, jak koloidalne glinki, tlenki metali jak Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , ZnO , CuO itd. krzemionka koloidalna, ziemia okrzemkowa, cement drobno mielony, węgiel brunatny, sadza i wiele innych.

Emulsje asfaltowe otrzymane przy użyciu emulgatorów nierozpuszczalnych wykazują : mniejszą stabilność, ulegają szybko rozpadowi przy zetknięciu się z powierzchnią obcych ciał, przy dodaniu elektrolitów oraz przy nadmiernym rozcieńczeniu wodą.

Ilość potrzebnego emulgatora wynosi od 0,5 — 1% wagowo w stosunku do ilości uzyskanej emulsji. Emulsje tego typu znajdują zastosowanie do budowy dróg, zwłaszcza do powierzchniowego i głębokiego utrwalańia.

Emulsje asfaltowe otrzymane przy użyciu emulgatorów nierozpuszczalnych charakteryzują się bardzo dużą trwałością. Rozpad emulsji następuje stopniowo i b. wolno ; całkowity rozpad ma miejsce dopiero po kompletnym odparowaniu wody. Dają się one rozcieńczać w dowolnym stosunku wodą, nie rozkładają się przy dodaniu elektrolitów i są odporne na zamrożenie (to znaczy po zamrożeniu i odtajaniu nie zachodzi rozpad emulsji).

Ilość potrzebnego emulgatora wynosi od 5 — 10% wagowo w stosunku do ilości uzyskanej emulsji.

Emulsje te znajdują zastosowanie przeważnie do celów izolacyjnych przeciw wilgoci, jako powłoki wodoszczelne, bądź też jako domieszki do uodpornienia na wodę wielu materiałów budowlanych jak np. wodoszczelne betony itp. Stosują się one również do stabilizacji gruntów.

Asfalt.

Do emulsji otrzymanej przy użyciu emulgatorów rozpuszczalnych stosuje się miękie asfalty ponaftowe o penetracji 150 — 300". Własności użytego asfaltu muszą odpowiadać wymaganiom dla cementów asfaltowych stosowanych w drogownictwie.

Ilość asfaltu w emulsji waha się w granicach od 50 — 65%. Przeciętna zawartość asfaltu w normalnych emulsjach wynosi około 55%.

Do emulsji otrzymanej przy użyciu emulgatorów 2-go rodzaju można stosować asfalty o konsystencji twardszej począwszy od penetracji 20". Ilość asfaltu waha się w granicach od 50 — 70%.

Emulsje tego typu posiadają konsystencję gęstej pasty, którą się rozcieńcza wodą do pożądanego stopnia płynności.

Woda.

Woda użyta do produkcji emulsji powinna być miękka i nie wykazywać znaczniejszej zawartości soli, które jako elektrolity utrudniają emulgację i powodują konieczność użycia większej ilości emulgatora.

Produkcja emulsji.

Produkcja emulsji asfaltowych pod względem technicznym wymaga dużej precyzji i staranności. Nieznaczna zmiana czynników mechanicznych i chemicznych (zmiana własności i ilości emulgatora, asfaltu i wody) powoduje duże zmiany we własnościach otrzymanej emulsji.

Do produkcji emulsji drogowych stosuje się dwa typy urządzeń do mieszania :

1. Młyny koloidalne t.zw. homogenizatory, które składają się z wirującego bardzo szybko rotora i nieruchomego statora. Asfalt i woda wraz z emulgatorem o temperaturze 80 — 90° C. zostają doprowadzone do rotora przeważnie dwiema oddzielnymi rurami. Dzięki sile odśrodkowej wirującego rotora mieszanina jest wprowadzona do szczeliny między rotorem i statorem (prześwit szczeliny w zależności od typu aparatu i warunków emulsyfikacji wynosi 0,005 — 0,025 cala), gdzie zachodzi ostateczne rozproszenie asfaltu w wodzie. Gotowa emulsja wypływa do zbiornika przez odpowiedni otwór. W zależności od ilości obrotów wirującego rotora i od prześwitu szczeliny między rotorem i statorem zależy stopień dyspersji zemulgowanego asfaltu.
2. Duże zbiorniki zaopatrzone w mieszałła o odpowiedniej ilości obrotów. Asfalt i wodę wraz z emulgatorem wprowadza się do

zbiornika i miesza tak długo dopóki nie wytworzy się trwała emulsja. W zależności od typu mieszadła i wielkości zbiornika stosuje się różne ilości obrotów od 30 — 1.000 na minutę.

Temperatura asfaltu i wody wynosi również około 80 — 90° C. Należy podkreślić, że podwyższenie temperatury przyspiesza proces tworzenia się emulsji.

Sposób pierwszy ma tę przewagę nad drugim, że jest ciągly oraz, że można uzyskać lepszy stopień dyspersji asfaltu.

Emulsja typu drugiego otrzymuje się w odmiennych aparatach, w których jednocześnie zachodzi proces rozcierania asfaltu ze stałym emulgatorem (glinka) i mieszania z wodą na pastę.

Własności emulsji asfaltowych i metody badań :

Podstawą do oceny przydatności emulsji do celów drogowych jest oznaczenie następujących własności :

Zewnętrzne własności emulsji :

Należy określić barwę, zapach, jednolitość i odczyn, obecność osadu na dnie, stwierdzić, czy po wymieszaniu emulsji osad znika, oraz czy emulsja nie jest wytrącona.

Obraz mikroskopowy :

Zbadanie emulsji pod mikroskopem pozwala na obliczenie wielkości cząsteczek rozproszonego asfaltu i określenia jego stopnia dyspersji.

Wielkość rozdrobnienia asfaltu znajduje się w granicach od 0,2 — 10 mikronów ; przeważająca większość kuleczek asfaltu posiada wymiary w granicach 1 — 3 mikrona.

Skład ilościowy emulsji :

Zawartość asfaltu w emulsji określa się drogą pośrednią przez obliczenie na podstawie otrzymanej ilości wody oznaczonej przez destylację, oraz, ilości oznaczonego popiołu w emulsji.

Suma procentowej zawartości wody i zawartości popiołu odjęta od 100 daje przybliżoną procentową zawartość asfaltu w emulsji.

Własności użytego do emulsji asfaltu.

Badanie to ma na celu wytrącenie asfaltu z emulsji i określenie jego własności takich jak penetracja i ciągliwość w temp. 25° C. oraz temp. mięknięcia.

Należy podkreślić, że własności asfaltu wytrąconego z emulsji metodą poniżej podaną różnią się od własności asfaltu użytego do produkcji tej emulsji.

Przeprowadzone badania wykazały, że zmiany własności plastycznych asfaltu wytrąconego w stosunku do własności asfaltu wyjściowego (obniżenie penetracji, ciągliwości oraz podwyższenie temp. mięknięcia) wynoszą do 30% pierwotnej wartości.

Zmiany te zachodzą z powodu wpływu emulgatora na własności asfaltu oraz na skutek operacji laboratoryjnych związanych z wytrąceniem asfaltu z emulsji, jak użyciem alkoholu i benzenu oraz ich odparowaniem z asfaltu.

Trwałość (stabilność) emulsji.

Pod trwałością (stabilnością) emulsji rozumie się własność, która przeciwdziała wytrącaniu się asfaltu z emulsji na skutek wpływu różnych czynników fizycznych, chemicznych i mechanicznych. Stabilność emulsji zależy w pierwszym rzędzie od ilości emulgatora oraz w znacznie mniejszym stopniu od dyspersji asfaltu. Emulsje wykazujące większe ilości emulgatora są więcej trwałe (stabilne).

Dla celów praktycznych jest bardzo ważnym określenie stabilności emulsji w czasie jej magazynowania oraz transportu. Zmiany jakim podlega emulsja w ciągu dłuższego okresu czasu przechowywania w magazynach, zachodzą na skutek tak zwanej sedymentacji i koagulacji.

Sedymentacja jest powrotnym rozdzieleniem się faz emulsji pod wpływem działania siły grawitacji na zawieszony cząsteczki asfaltu. Zjawisko to zachodzi według prawa Stokes'a.

Koagulacja jest powrotnym rozdzieleniem się faz emulsji na skutek koalescencji (łączenia się) cząstek asfaltu.

Zjawiska te chociaż z zasady różne, mają ze sobą pewien związek. Dużej sedymentacji towarzyszy zawsze częściowa koagulacja.

Ujemny wpływ na trwałość emulsji jest spowodowany zmianami temperatury.

Zamarznięcie emulsji powoduje po jej odtajeniu wytrącenie się asfaltu i często całkowity rozkład emulsji. Dotyczy to zwłaszcza emulsji o małej zawartości emulgatora. Ponadto przy magazynowaniu emulsji należy przestrzegać żeby emulsja była zawsze szczelnie zamknięta, gdyż odparowanie wody z emulsji również powoduje jej rozkład.

Wiskoza emulsji.

Wiskoza emulsji określa stopień płynności emulsji. Wiskoza emulsji zależy od zawartości asfaltu w emulsji oraz w mniejszym stopniu od stopnia jego dyspersji. Poczynając od zawartości asfaltu 50% wiskoza emulsji stopniowo wzrasta, wraz ze zwiększeniem się ilości asfaltu; powyżej 60% zawartości asfaltu wiskoza emulsji wzrasta gwałtownie. Emulsje o zawartości 65 — 75% asfaltu przestają być płynne i nie nadają się do celów drogowych.

Wiskozę emulsji asfaltowych mierzy się wiskozymetrem Englera.

Wiskoza w stopniach Englera (wiskoza właściwa w/g Englera) jest to stosunek czasu wypływu (w sekundach) określonej objętości emulsji 200 cm.³ w temperaturze 20° C. do czasu wypływu (w sek) 200 cm.³ wody w tej samej temperaturze.

Szybkość rozpadu emulsji i własności wiążące.

Jednym z najważniejszych problemów dotyczących racjonalnego użycia emulsji asfaltowej do budowy dróg jest zagadnienie rozpadu (koagulacji) emulsji na skutek zetknięcia się emulsji z powierzchnią kamienia na drodze. Ściśle związane jest z tym również zagadnienie przyczepności asfaltu do kamienia.

Z szybkością rozpadu emulsji są związane również jej własności wiążące. Im szybkość rozpadu emulsji jest większa, tym jej własności wiążące są większe, tym prędzej wytracony asfalt z emulsji otoczy poszczególne ziarna agregatu mineralnego i zwiąże je w jedną zwartą całość nie ulegającą rozluźnieniu pod wpływem działania wody.

Proces rozpadu emulsji jest uwidoczniiony zmianą barwy, od barwy brunatno-brązowej, która jest charakterystyczną dla emulsji asfaltowej do barwy czarnej z połyskiem, powstającej na skutek otoczenia ziaren mineralnych powłoką asfaltu wytraconego z emulsji.

Rozpad emulsji na drodze jest wynikiem działania trzech zasadniczych czynników :

1. Ubytku wody z emulsji na skutek odparowania i kapilarności.
2. Stabilności emulsji zależnej od ilości i jakości użytego emulgatora.
3. Wpływu kamienia na szybkość koagulacji asfaltu.

W zależności od panujących warunków na drodze i własności materiału kamiennego i emulsji, rozpad emulsji może zachodzić pod wpływem jednego lub dwóch, lub wszystkich czynników razem.

Przy użyciu mało aktywnego materiału kamiennego o słabej adsorbencji powierzchniowej rozpad emulsji zachodzi głównie na skutek odparowania wody z emulsji.

Szybkość rozpadu emulsji w warunkach atmosferycznych sprzyjających odparowaniu wody (jak ciepło i sucho) zależy będzie głównie od intensywności odparowania wody, podczas gdy w dnie chłodne i wilgotne rozpad emulsji zależeć będzie od własności materiału kamiennego.

Należy podkreślić, że maksymalna przyczepność asfaltu do kamienia ma miejsce dopiero po całkowitym odparowaniu wody z emulsji.

W czasie rozpadu emulsji emulgator częściowo zostaje adsorbowany na powierzchni kamienia, częściowo pozostaje w asfalcie w stanie b. drobnego rozproszenia oraz częściowo spływa z wodą.

W wypadku, gdy emulsja zawiera większe ilości emulgatora, oraz gdy woda całkowicie z emulsji nie odparowała, może na skutek deszczów nastąpić częściowa reemulgacja i odmycie powłoki asfaltowej od kamienia. Ma to zwłaszcza miejsce przy użyciu kamienia o słabej przyczepności do asfaltu.

Reasumując powyższe można wyciągnąć następujące wskazówki praktyczne, co do warunków użycia emulsji asfaltowych :

Przy stosowaniu emulsji asfaltowej w warunkach atmosferycznych nieprzychylnych (niska temperatura i duża wilgotność powietrza) należy użyć materiał kamienny, wykazujący możliwie największą aktywność powierzchniową (wysoka przyczepność do asfaltu) oraz emulsję o szybkich własnościach wiążących (mała zawartość emulgatora).

Należy pamiętać, że chociaż emulsja asfaltowa może być użyta w pewnych wypadkach z wilgotnym materiałem kamiennym, to jednak muszą być zachowane wszystkie inne warunki, umożliwiające całkowity rozpad emulsji i wytworzenie się trwałej powłoki asfaltowej na powierzchni kamienia.

Ze względu na szybkość rozpadu i własności wiążące emulsje asfaltowe zostały podzielone na 3 grupy :

Emulsje asfaltowe szybko — wiążące;

„ „ „ „ — średnic — wiążące,

„ „ „ „ — wolno — wiążące.

Emulsje szybko i średnio wiążące należą do typu emulsji otrzymywanych przy użyciu emulgatorów rozpuszczalnych. Różnią się tylko ilością jakości emulgatora, który reguluje szybkość rozpadu i czas wiązania emulsji.

Emulsje wolno wiążące otrzymuje się przy użyciu emulgatorów nierozpuszczalnych. W budownictwie drogowym mają one małe zastosowanie.

SMOŁA DROGOWA.

Podczas suchej destylacji drzewa, węgla brunatnego oraz węgla kamiennego otrzymuje się produkt zwany smołą. Smoły bywają rozmaitych rodzajów zależnie od materiału, z którego są wyrażane oraz od sposobu destylacji i późniejszej przeróbki. Do celów drogowych dotychczas używana jest smoła otrzymywana z węgla kamiennego.

Jako produkt destylacji węgla kamiennego powstaje t. zw. „smoła surowa“, która zawiera cały szereg substancji łatwo lotnych i wodę. Substancje te stanowią z jednej strony cenny surowiec przemysłowy, z drugiej zaś niepożądane są w smole drogowej na skutek swej lotności. W wypadku nieoddzielenia ich przed użyciem smoły do celów drogowych, składniki lotne z biegiem czasu odparowują z gotowej już nawierzchni, powodując jej kruszenie. Dlatego obecnie nie używa się smoły surowej do celów drogowych, lecz poddaje się ją uprzednio procesowi rafinowania, podczas którego traci ona niepożądane składniki, w tej liczbie i wodę. Woda w smole powoduje „kispienie“ jej (przerzucanie) podczas ogrzewania smoły przed użyciem.

Smoła drogowa posiada następujące składniki zasadnicze:

Oleje lekkie o temperaturze wrzenia do 170°.

Oleje średnie o temperaturze wrzenia 170° do 270°

Oleje ciężkie o temperaturze wrzenia 270 do 300°.

Oleje antracenowe o temperaturze wrzenia 300° do 350°.

Pak.

Ponadto w smole zawarte są drobne ilości materiałów, które nie są potrzebne w smole z punktu widzenia przydatności jej do celów drogowych. Substancje te w pewnych granicach są jednak nieszkodliwe i dlatego obecność ich jest tolerowana. Są nimi:

Fenole.

Naftalen surowy.

Atracen surowy.

Oleje nadają smole płynności, która umożliwia ogrzewanie smoły do temperatury niższej, niż asfaltu. Gdy bowiem asfalt musi posiadać temperaturę około 160°, by nadawał się do mieszania z materiałem mineralnym, smołę ogrzewamy co najwyżej do temperatury 120°. Ponad tę temperaturę smoły ogrzewać nie wolno, ponieważ traci ona wtedy pewne oleje i zmienia swe własności użytkowe.

Pak nadaje smole właściwości lepiące. Zbyt mała zawartość paku wywołuje zbyt małą siłę wiążącą materiały mineralne. Zbyt duża zawartość paku daje smoły bardzo gęste i w następstwie nawet kruche. Zawartość paku w smole normowana jest przeznaczeniem jej. Smoły rzadkie, przeznaczone do użytku powierzchniowego, zawierają co najmniej 55% paku (wagowo). Smoły wglębne — do 70%.

Wolny węgiel w smole zawarty jest w niej w postaci bardzo drobnych ziaren mikroskopijnej wielkości. Ziarenka te również wpływają na właściwości smoły, a mianowicie na jej zdolności wiążące oraz na jej konsystencję (ciekłość). Smoła pozbawiona całkowicie wolnego węgla stawałaby się zbyt miękką podczas letnich upałów, co doprowadzałoby nawierzchnie do zniszczenia. Smoła o zbyt dużej zawartości wolnego węgla posiadałaby mniejsze właściwości lepiące a nawet mogła by stawać się kruchą.

Przy opracowywaniu norm dla smół drogowych powodowano się takim ilościowym doborem poszczególnych składników o których mowa wyżej, by otrzymany produkt najbardziej odpowiadał swemu przeznaczeniu. Z tego powodu należy unikać przegrzewania smoły ponad dopuszczalną temperaturę (120°) oraz utrzymywania smoły zbyt

długo w temperaturze potrzebnej do użytku, ponieważ w obu tych wypadkach zachodzi odparowanie pewnej ilości olejów, przez co smoła może całkowicie zmienić swe właściwości, a nawet stać się materiałem zupełnie bezużytecznym. Oczywiście, że zmian tych nie można dostrzec na oko. Odbijają się one zato boleśnie na trwałości nawierzchni.

Z tego powodu smołę należy ogrzewać powoli, ciągle mieszając i kontrolując temperaturę przy pomocy termometru. O ile przy dojściu do 100° smoła zaczyna kipieć, dowodzi to obecności wody w smole. Należy wtedy zmniejszyć ogień i przeczekać okres burzenia się smoły. W razie zapalenia się smoły należy ją gasić piaskiem, nigdy wodą. Termometr nie powinien stykać się ze ściankami kotła, ponieważ wskazuje wtedy wyższą temperaturę niż posiada istotnie smoła. Termometr powinien być stale zanurzany w smole, zdarza się bowiem niejednokrotnie, że, po zużyciu pewnej ilości smoły, termometr wisi w powietrzu nad smolą. Temperatura wskazywana przez termometr spada wtedy znacznie. Chcąc temu przeciwdziałać, obsługa kotła zwiększa płomień pod kotłem, prowadząc w ten sposób do przegrzania smoły.

Ogrzewanie smoły powinno się odbywać powoli, zwłaszcza, gdy kocioł jest niezupełnie napełniony, przy ustawicznym mieszaniu. Widowym znakiem przegrzania smoły, jest ukazywanie się nad smolą pary koloru żółtawo-zielonkawego. Szczególną uwagę należy zwrócić na zawartość kotła, gdy kocioł jest opróżniany. W miarę bowiem zmniejszania się zawartości kotła, zwiększa się stosunek ilości ciepła wytwarzanego w palenisku do ilości ogrzanej smoły, co może doprowadzić do przegrzania lepiszcza. Zmusza to do zmniejszenia ognia w miarę opróżniania kotła.

Bardzo niebezpiecznym okresem dla smoły jest czas wyczekiwania na pogodę. Zdarza się bowiem niejednokrotnie, że kotły ze smolą są nagrzane od samego rana, lecz nagle deszcz przerywa roboty. Kierownik budowy decyduje się czekać kilka godzin na lepszą pogodę, nie gasząc ognia pod kotłem. Chcąc uniknąć zgubnego wpływu przetrzymania smoły w wysokiej temperaturze przez kilka godzin, należy kotły nakryć wiekami, celem utrudnienia dostępu tlenu do smoły i obniżyć temperaturę wyczekiwa-

nia do 60°. Dopiero przed samym rozpoczęciem robót temperaturę podnosimy do 120°. Najgorzej cierpi lepiszcze podczas słotnej pogody kiedy to parokrotne rozgrzewanie kotłów i studzenie ich z powodu deszczu nie należy do rzadkości. Należy również unikać ogrzewania zbyt wielkiej ilości smoły, która nie może być zużyta tego samego dnia i następnego dnia jest ponownie ogrzewana. Kotły należy codziennie opróżniać i oczyszczać ich dna z osadu. W ten sposób unika się pogarszania własności lepiszcza, oraz zaoszczędza opału oraz materiału kotła, albowiem kotły źle czyszczone szybko ulegają przepaleniu.

Smoly drogowe dzielą się na dwa rodzaje, z których jeden musi być przed użyciem ogrzany dla uzyskania odpowiedniej płynności (temp. 120°), drugi zaś może być użyty na zimno, względnie po bardzo słabym ogrzaniu. Smoly drugiego rodzaju, zwane „smołami płynnymi“ są rozcieńczane odpowiednimi rozpuszczalnikami o niskim punkcie wrzenia, które następnie ulatniają się z gotowej nawierzchni.

Smoly pierwszego rodzaju dzielą się na „smoly zwykłe“ i „smoly stabilizowane“, które wyrabiane są z dodatkiem asfaltu.

Smoly zwykłe. Smoly te w Polsce wyrabiane są w gątkach, które różnią się między sobą głównie większą płynnością. Im płynniejsza smoła tym mniejszy wskaźnik wiskozy).

Smola S I, o wiskozie 10—20 sek (najrzadsza) stosowana jest do powierzchniowych smolowań przy niższych temperaturach, kiedy wymagana jest smoła możliwie rzadka. W ten sposób uzyskuje się równomierne i cienkie rozproszanie smoły na powierzchni drogi, oraz głębokie wnikięcie jej w głąb nawierzchni.

Smola S II, o wiskozie 20 — 60 sek. (gęstsza) używana jest również do celów powierzchniowych, lecz ze względu na gęstszy charakter może być stosowana tylko podczas cieplejszej pogody. Stosowanie jej w chłodniejszej porze roku może dać wyniki ujemne, albowiem smoła nie daje się rozproszyc dość cienką warstwą i nie może wnikać w głąb zimnej nawierzchni. Powstaje wtedy pokrowiec zbyt bogaty w lepiszcze, który zwykle szybko staje się fałszywy i przedwcześnie niszczy.

Smoly zwykłe.

Wyszczególnienie	smoly powierzch.		smola wgl.
	S I	S II	S III
1. Ciężar właściwy w 25° do	1.220	1.240	1.240
2. Wagowa zawartość wody nie większa niż . . .	0,5%	0,5%	0,5%
3. Wagowa zawartość oleju lekkiego (destylat do 170°) wraz z wodą nie większa niż	1.00%	1.00%	1.00%
4. Wagowa zawartość oleju średniego (destylat 170—270°)	6—12%	3—10%	3—10%
5. Wagowa zawartość oleju średniego (destylat 270—300°)	4—12%	6—12%	6—12%
6. Wagowa zawartość oleju antracenu. (destylat 300—350°)	15—28%	15—27%	15—27%
7. Wagowa zawartość pozostałego paku	55—65%	60—70%	60—70%
8. Temp. mięknięcia paku w/g Kräm. Sarn	60—75°	60—75°	60—75°
9. Objętościowa zawart. fenoli	4%	4%	4%
10. Wagowa zawartość nadtalenu surowego	4%	4%	4%
11. Wagowa zawartość antracenu surowego	3,5%	3,7%	3,5%
12. Wagowa zawartość ciał nierozpuszczalnych w benzenie (wolny węgiel)	5—16%	5—18%	5—18%
13. Wiskoza wiskozymetrem w/g B. T. A. otwór 10 m/m temp. 30°	10-20 sek.	20-60 sek.	60-100sek

Smoła S. III, o wiskozie 60 — 100 sek (najgęstsza) używana jest do utrwalania wgłębnego i do makadanów względnie dywaników smołowych mieszanych maszynowo na gorąco i układanych przeważnie na zimno.

Załączona tablica wymienia skład i właściwości smół wg. Polskich Norm.

Przy wyborze rodzaju smoły należy starać się stosować najgęstszą smołę, która w danych warunkach atmosferycznych da się użyć do danej roboty.

Smoly stabilizowane. Smoly zwykle po pewnym czasie tracą w nawierzchni lżejsze składniki, wskutek czego powstaje pewne stwardnienie lepizcza smołowego i skłonność do kruszenia w niskich temperaturach. Objawy tego procesu są najłatwiej dostrzegalne na samej powierzchni nawierzchni w postaci pewnego stwardnienia górnej warstewki nawierzchni. Objaw ten jest nawet korzystny z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu, czyni bowiem nawierzchnię szorstką. O ile proces stwardnienia posuwa się zadaleko i grozi kruszeniem, a co zatym idzie i zbyt szybkim zużyciem nawierzchni, należy powlec ją cienkim pokrowcem z rzadkiej smoły. W ten sposób uzyskuje się z jednej strony zmiekczenie stwardniałej powierzchni drogowej, z drugiej zaś — uszczelnienie ew. powstałych drobnych rys lub pęknięć.

Aby uniknąć zbyt szybkiego przebiegania procesu stwardnienia smoły wprowadzono t. zw. „smoly stabilizowane”. Stabilizacja smół polega na dodaniu do nich pewnej ilości asfaltu podczas fabrykacji. W ten sposób uzyskuje się materiał o większej wiskozie początkowej (mniejszej płynności), który wolniej traci oleje, a przez to dłużej zachowuje swoją plastyczność.

Proces dodawania asfaltu do smoły wymaga dużego doświadczenia i najlepiej da się przeprowadzić przy wytwarzaniu fabrycznym smół. O ile na budowie zachodzi niespodziewana konieczność stabilizacji smoły, należy użyć asfaltu twardszego (o małej zawartości olejów asfaltowych), dodając ciepły asfalt do rozgrzanej smoły (nigdy naodwrot!). Podczas całego procesu stabilizacji należy oba składniki dokładnie ze sobą wymieszać. Temperatura smoły winna wynosić około 100°, temperatura asfaltu około 140°.

Dobroć nawierzchni budowanych przy użyciu smół

Smoly stabilizowane.

Wyszczególnienie	sm. powierzchniowa S.S.I.	wglęb- na S.S.II.	do cięż- kich na- wierzchni S.S.III.
1. Ciężar właściwy w 25° do	1.220	1.240	1.240
2. Wagowa zawartość wo- dy nie większa niż ..	0,5%	0,5%	0,5%
3. Wagowa zawartość ole- ju lekkiego (destylat do 170°) wraz z wodą nie większą niż	+	+	+
4. Wagowa zawartość ole- ju średniego (destylat 170—270°)	+	+	+
5. Wagowa zawartość ole- ju ciężkiego (destylat 270—300°)	+	+	+
6. Wagowa zawartość ole- ju antracenowego ((dest. 300—350°)	+	+	+
7. Wagowa zawartość po- zostałego paku	+	+	+
8. Temp. mięk. paku w/g. K. S.	+	+	+
9. Objętościowa zawartość fenoli	4%	4%	4%
10. Wagowa zawartość nafa- lenu surowego	4%	4%	4%
11. Wagowa zawartość an- tracenu surowego	3,5%	3,5%	3,5%
12. Wagowa zawartość ciał nierozpuszczalnych w benzenie (wolny węgiel)	+	+	+

Wyszczególnienie	śm. powierzchniowa S.S.I.	wgłębna S.S.II.	do cieżkich nawierzchni S.S.III.
13. Zawartość asfaltu wagowo	15—20%	15—20%	pow. 15%
14. Wiskowa wiskozymetrem w/g B. T. A. otwór 10 mm. temp. 30°	20—60 sek	10—120 sek	120—250 sek
15. Obraz mikroskopowy w powiększ. 500—600 krotn. po 24 godzinach	jednorodny		

Uwaga: Oznaczenie właściwości nie objętych normami i noszących znak „+“ w powyższej tabeli należy przeprowadzić i wyniki podać w świad. analizy.

Stabilizowanych zależy przede wszystkim od dokładności niesiania składników smoly stabilizowanej, czyli od jednorodności mieszanki. Wyklaczanie się wolnego węgla, lub ż asfaltu ze smoly, nawet podczas dłuższego okresu przewożenia jej, jest niedopuszczalne.

Przy podgrzewaniu smoly stabilizowanej w kotle przed użyciem do budowy nawierzchni, należy smolę stale mieszać. Smoly stabilizowane, nawet wytwarzane fabrycznie, gdy przez dłuższy czas są w ogrzonym stanie, mają skłonność do rozdzielania się na smolę i asfalt, przyczym w osadzi, jako lżejszy gatunkowo, zbiera się w górnej części kotła. W ten sposób może się zdarzyć, że czerpiąc leżącą w kotła pobieramy raz asfalt, raz smolę.

Załączona tablica wymienia skład i właściwości smół stabilizowanych wg. Polskich Norm.

Poszczególne gatunki smół zwykłych są materiałem wyjściowym do otrzymania smół stabilizowanych. I tak ze smoly zwykłej S. I. otrzymuje się smolę stabilizowaną SS I stosowaną do celów powierzchniowych. Ze smoly S. II otrzymuje się smolę stabilizowaną SS II do użytku wgłębnego oraz do wykonywania górnych warstw dywaników smołowych. Ze smoly S.III otrzymuje się smolę stabilizowaną

SS III, stosowaną do ciężkich nawierzchni bitumicznych (smołobetonu).

Na ogół smoły stabilizowane ze względu na wyższą cenę mają zastosowanie tam, gdzie użyte lepsze jest najwięcej narażone na zmiany swych własności przez odparowanie, a więc do powierzchniowego utrwalania oraz do górnych warstw nawierzchni smołowych.

Prócz asfaltu dodaje się do smoły różne preparaty patentowane, których skład trzymany jest w tajemnicy. Do nich należy „Irga“, „Gebalit“ i t. p. Dodatki te powstrzymują proces starzenia się smół w stopniu jeszcze większym, niż dodatek zwykłego asfaltu. Niestety, w kraju nie mamy tych smół na rynku z powodu zbyt małego spożycia smół.

Na rynku zagranicznym istnieje cały szereg smół które wyrabiane są w sposób odmienny od zwykłego. Są to również wyroby patentowane. W Niemczech znany jest produkt zwany „Wetterteer“, który w czasie produkcji poddawany jest działaniu pary wodnej dzięki czemu uzyskuje znacznie większą konsystencję, ciągliwość i plastyczność oraz odporność na zmiany temperatury. Prócz tego smołę tę można stosować do niezupełnie suchego materiału kamiennego.

Smoly płynne. Smoly płynne wyrabiane są ze smół zwykłych przez dodanie pewnej ilości olejów o niskiej temperaturze wrzenia. Oleje te działają na smołę jako rozpuszczalniki nadając jej większą płynność w niskich temperaturach. Rozróżniamy dwa rodzaje smół płynnych. Pierwszy z nich daje się rozprowadzać szczotką przy dowolnie niskiej temperaturze i może być rozpryskiwany przy pomocy rozpylacza jeszcze przy temperaturze 15°. Drugi rodzaj daje się rozprowadzać szczotką przy temperaturze 30°, zaś przy 45° daje się rozpylać. Oba rodzaje są niewrażliwe na wilgotne kruszywo.

Smoly płynne szczególnie nadają się do napraw oraz do drobnych robót w chłodnych okresach. Stosunkowo wyższa cena smół płynnych rekompensuje się przez oszczędność na paliwie i szybkie tempo robót.

Oleje upłynniające parują z gotowej nawierzchni, pozostawiając w nawierzchni zwykłą smołę drogową.

Smoly płynne winny odpowiadać w Polsce następującym normom:

SMOŁY PŁYNNE.

Wyszczególnienie	Smola zwykła S. Z.	Smola sta- bilizowana S. Z. S.
1. Ciężar właściwy w 25° do	+	+
2. Wagowa zawartość wody nie większa niż	0,5%	0,5%
3. Wagowa zawartość olejów cięż- kich i antracenowych ((destylat od 270 — 350°)	pow. 16%	pow. 16%
4. Wagowa zawartość pozostałego paku	pow. 40%	pow. 50%
5. Temp. mięk. paku, wg. Kr. Sarnow'a	60 — 70°	+
6. Objętościowa zawartość fenoli	3%	3%
7. Wagowa zawartość naftalenu surowego	3%	3%
8. Wagowa zawartość antracenu surowego	3%	3%
9. Wagowa zawartość ciał nieroz- puszczalnych w benzenie (wol- ny węgiel)	4 — 16%	+
10. Temp. zapłonu wg. Pensky-Mar- tensa	+	+
11. Wiskoza w temp. 30° wiskozy- mentrem (przekrój otworu wy- ciekowego 4 mm.)	pon. 20 sek.	20-60 sek.
12. Zdolności wiążące	+	+
13. Zachowanie się w wodzie	+	+
14. Odparowalność	+	+

Uwaga: Oznaczenie właściwości nie objętych normami i noszących znak "+" w powyższej tabeli należy przeprowadzić i wyniki podać w świadectwie analizy.

Jak widać z powyższego zestawienia przewidziane są właściwości dla zwykłych smół płynnych oraz dla smół płynnych stabilizowanych.

Prócz smół płynnych wyrabiane były do niedawna emulsje smołowe. Stosowano je pierwotnie również i w Polsce, obiecując sobie potaniecie budowy przez stosowanie smoły w tej postaci na zimno.

Niestety, praktyka nie potwierdziła pokładanych nadziei i obecnie emulsji smołowych w kraju się nie stosuje zupełnie. Również i zagranicą stosowanie emulsji smołowych należy do wyjątków. Do bardziej znanych emulsji smołowych należały: „Arcit“, „Ajag“ i „Kiton“.

WYROBY Z KAMIENIA.

Zasadniczym materiałem do budowy nawierzchni jest kamień odpowiednio do użycia obrobiony, bądź to w mniej lub więcej foremne bryły, które używamy do nawierzchni brukowanych, bądź to w formie krawężników, używanych do obramowania jezdni, bądź też rozdrobniony ręcznie lub mechanicznie na tłuczeń lub grysy, używane do nawierzchni szosowych lub betonowych — bitumicznych i cementowych.

Poniżej podajemy charakterystyczne cechy wyrobów z kamienia, używanych do budownictwa drogowego.

1) Kostka zwyczajna

1) $h = 8, 10, 12, 14, 16, 18$ cm

2) $l = s = h$

3) Cała figura kostki powinna się mieścić w prostopadłości. Zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.

4) Tolerancja wysokości 5 mm.

5) Tolerancja długości boków powierzchni górnej (czoła) 5 mm.

6) Forma powierzchni górnej (czoła) — kwadrat.

7) Forma powierzchni dolnej (piętki) — czworobok.

8) Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości bocznych ścian — do 3 mm.



- 9) Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości powierzchni górnej (czoła) — do 2 mm.
- 10) Stosunek powierzchni górnej (czoła) do powierzchni dolnej (piętki) jak 4:3.
- 11) Powierzchnie górna i dolna muszą być do siebie równoległe.

2) Kostka rzędowa.

- 1) $h = 8, 10, 12, 14, 16, 18$ cm
- 2) $s = h$
- 3) $0,6 h < l < 2 h$
- 4) Cała figura kostki powinna się mieścić w prostopadłości, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.
- 5) Tolerancja wysokości 5 mm.
- 6) Tolerancja szerokości powierzchni górnej (czoła) 5 mm.
- 7) Forma powierzchni górnej (czoła) — prostokąt
- 8) Forma powierzchni dolnej (piętki) — czworobok.
- 9) Dopuszczalna wypukłość lub wklęsłość ścian bocznych — do 3 mm.
- 10) Dopuszczalna wypukłość lub wklęsłość powierzchni górnej (czoła) — do 2 mm.
- 11) Długość krawędzi powierzchni dolnej (piętki) może być mniejsza o 15 mm od odpowiednich krawędzi powierzchni górnej (czoła).
- 12) Powierzchnie górna i dolna muszą być do siebie równoległe.



3) Kostka nieregularna średnia (półkostka średnia).

- 1) $h = 8-9, 9-10, 10-11, 11-12$ cm.
- 2) s i $l = 0,8 h - 1,0 h$
- 3) Cała figura kostki powinna mieścić się w prostopadłości, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.

- 4) Forma powierzchni górnej (czoła) zbliżona do czworokąta o kątach nie mniejszych, niż 60° .
- 5) Stosunek powierzchni górnej (czoła) do powierzchni dolnej (piętki) nie powinien być większy niż 10 : 6.
- 6) Maksymalne nachylenie obu powierzchni poniżej 15° .
- 7) Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości powierzchni górnej (czoła) do 5 mm.
- 8) Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości ścian bocznych — do 7,5 mm.



4) Kostka nieregularna duża (półkostka duża).

- 1) $h = 15-18, 16-19, 17-20$ cm.
- 2) s i $l = 0,8 h - 1,0 h$
- 3 Cała figura kostki powinna mieścić się w prostopadłości, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.
- 4) Forma powierzchni górnej (czoła) zbliżona do czworokąta o kątach nie mniejszych, niż 60° .
- 5) Stosunek powierzchni górnej (czoła) do powierzchni dolnej (piętki) nie powinien być większy, niż 10 : 6.
- 6) Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości ścian bocznych — do 7,5 mm.
- 7) Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości powierzchni górnej (czoła) — do 5 mm.
- 8) Maksymalne nachylenie wzajemne obu powierzchni poniżej 15° .



5) Brukowiec.

Górna powierzchnia posiada kształt wielokąta.

- 1) Kształt kamienia powinien się mieścić w prostopadłości, zbudowanym na powierzchni górnej, jako podstawie.

- 2) Powierzchnia dolna nie może być mniejsza, niż 0,5 powierzchni górnej, zaś kąt nachylenia obu powierzchni nie może być większy, niż 30° .
- 3) $h = 15-18, 16-19, 17-20$ cm.
- 4) Najwyższy wymiar liniowy powierzchni górnej nie może być większy od $1,2 h$ i mniejszy od $0,7 h$.
- 5) Powierzchnia górna powinna wynosić nie mniej, niż $10 h \text{ cm}^2$.
- 6) Wypukłość lub wklęsłość na powierzchniach bocznych — do 2 cm.
- 7) Wypukłości lub wklęsłości na powierzchni górnej (czole) — do 1 cm.



6) Krawężnik wtopiony dla nawierzchni bitumicznych.

- 1) $h = 20-25$ cm.
- 2) $s = 10-15$ z tolerancją 1 cm.
- 3) $l =$ od 30 cm.

4) Powierzchnia górna winna być zbliżona do prostokąta i winna być gładko obrobiona. Krawędzie winny być ostro obrobione.

5) Ściany boczne winny nie posiadać wypukłości.

6) Powierzchnia dolna może posiadać kształt dowolny — nie powinna być mniejsza od 0,4 powierzchni górnej.



7) Krawężnik wtopiony dla nawierzchni kostkowych.

- 1) $h = 25-30$ cm.

Pozostałe warunki jak dla krawężnika 6), z tym, że jedna boczna powierzchnia winna być na wysokość zastosowanej kostki (h_1) obrobiona względnie gładko, tak jak powierzchnia

górna i być możliwie prostopadła do powierzchni górnej.



KLINKIER DROGOWY.

Klinkier do budowy dróg zaczęto stosować w Zachodniej Europie przed 130 laty. Pierwsza droga klinkierowa została wybudowana w roku 1809 w Holandii od Amsterdamu do Haarlemu.

W Polsce klinkier drogowy został rozpowszechniony przez były rząd rosyjski w roku 1883 głównie do budowy i konserwacji dróg na terenie dzisiejszego województwa Lubelskiego. Pierwsza klinkiernia została zbudowana w Zamościu, następnie w latach 1903 — 1904 w Izbicy (pow. Krasnostawski), w roku 1906 powstała prywatna klinkiernia pod Lublinem, w roku 1909 zbudowano państwową klinkiernię w Białopolu (pow. Hrubieszowski) i wreszcie w roku 1913 — w Budach (pow. Pomorski). Wszystkie te klinkiernie były zaopatrzone w piece gazowe do wypału i produkowały klinkier sposobem przeróbki mokrej na prasach syst. Aberson'a. Z pięciu dawnych klinkierni ocalały i zostały uruchomione w roku 1921-ym trzy: w Zamościu, Budach i Białopolu. Po wojnie w celu podniesienia jakości klinkieru wprowadzono suchą przeróbkę gliny i formowanie surówki na prasach hydraulicznych o dużym ciśnieniu do 200 — 300 atmosfer. Powstało w Polsce szereg klinkierni nowoczesnych o suchej produkcji, a mianowicie: w roku 1930 klinkiernia Państwowa w Izbicy, odbudowana przez b. M. R. P. na produkcję 6.000.000 szt. rocznie, w roku 1931 klinkiernia prywatna w Ołtarzewie pod Warszawą na produkcję 6.000.000 szt. rocznie, w roku 1932 sejmikowa klinkiernia „Gródków” na produkcję 12.000.000 szt. rocznie i miejska „Rudak” pod Toruniem na produkcję 4.000.000 szt. rocznie.

Poniżej podajemy:

Tymczasowe normy własności i pobieranie próbek klinkieru drogowego na r. 1935.

Klinkier drogowy dzielimy na następujące gatunki pod względem jego przdatności do celów drogowych.

Do gatunku I-go zalicza się:

Klinkiery o powierzchniach równych i gładkich o dwóch równoległych stronach, nadających się do ułożenia w na-

wierzchni w zależności od przewidywanego sposobu układania cegieł. Krawędzie winny być równe, struktura jednorodna, uszkodzenia kątów nie mogą przewyższać 5% ogólnej długości krawędzi, a powierzchnie odprysków nie mogą przekraczać 5% każdej powierzchni klinkieru.

Wytrzymałość na ściskanie nie mniej niż 900 kg/cm^3 przy nasiąkliwości nie więcej niż 9% wagonowo, albo wytrzymałość na ściskanie nie mniej niż 800 gk/cm^3 przy nasiąkliwości nie więcej niż 7% wagowo

Dopuszczalna tolerancja wymiarów $\pm 3\%$

Ilość nieodpowiadającego powyższym normom materiału nie może przekraczać 15% dostawy.

Do gatunku II-go zalicza się:

a) Klinkier odpowiadający gatunkowi I mu pod względem wytrzymałości i stopnia nasiąkliwości, niespełniający jednak warunków dla gatunku I-go pod względem swego wyglądu zewnętrznego.

Dopuszczalne są pęknięcia w postaci rys. (nie szpar), krawędzie mogą być poszarpane, jednak w ilości nie większej od 10% ogólnej długości krawędzi, powierzchnie odprysków nie mogą przekraczać 10% każdej powierzchni klinkieru

b) Klinkier o wyglądzie zewnętrznym, spełniający warunki dla gatunku I-go jednak

o wytrzymałości na ściskanie nie mniej niż 700 kg/cm^3
i o nasiąkliwości nie więcej niż 12% wag.

Dopuszczalna tolerancja wymiarów w gatunku b) $\pm 5\%$.

Ilość nie odpowiadającego powyższym normom materiału nie może przekraczać 15% dostawy.

Do gatunku III-go zalicza się:

a) Klinkier odpowiadający gatunkowi I-mu lub II-mu pod względem wytrzymałości i stopnia nasiąkliwości, nie spełniający jednak warunków dla gatunku II-go pod względem swego wyglądu zewnętrznego.

Dopuszczalne są większe uszkodzenia mechaniczne powierzchni i krawędzi, nie przekraczające jednak 20% każdej powierzchni lub długości krawędzi, nieznaczne pęknięcia w postaci szpar tylko na jednym bloku klinkieru.

b) Klinkier słabo wypalony o wyglądzie zewnętrznym spełniającym warunki dla gatunku I-go, jednak

o wytrzymałości na ściskanie nie mniej niż 500 kg/cm²
i o nasiąkliwości nie więcej niż 14% wagowo

Ilość nieodpowiadającego powyższym normom materiału nie może przekraczać 15% dostawy.

Klinkiery o wytrzymałości i nasiąkliwości gorszej od obowiązującej dla gatunku III-go mogą być zaliczone do gatunku IV-go.

Pobieranie próbek klinkieru do badań.

Odróżnia się: a) badania szczegółowe, mające scharakteryzować dany klinkier lub daną partię klinkieru lub dany ładunek komory piecowej co do jego cech i własności fizycznych oraz przydatności do celów budownictwa drogowego; b) badania kontrolne, mające stwierdzić zgodność dostawy z postawionymi jej warunkami technicznymi.

Próbki do badań mogą być pobierane: z pieca, z placu składowego w klinkiarni, na miejscu robót z materiału dostarczonego do danej budowy, bądź też z wykonanej nawierzchni.

Przy pobieraniu próbek klinkieru z komory piecowej należy najpierw usunąć kilka rzędów cegieł z przodu komory i z pozostałego w komorze materiału pobrać próbki tak, by mogły one scharakteryzować poszczególne stopnie wypału klinkieru, a więc wybrać należy próbki z warstw górnych i bocznych w komorze, jako charakteryzujący najsilniej wypalone cegły, z warstw środkowych komory, jako charakteryzujących cegły średnio wypalone i z warstw dolnych komory, jako charakteryzujących cegły najslabiej wypalone.

Próbki do badań kontrolnych klinkieru pobiera przedstawiciel instytucji zarządzającej pobranie próbek w obecności przedstawiciela dostawcy.

Czynności pobierającego próbki polegają:

1) na stwierdzeniu jakości klinkieru pod względem jego wyglądu zewnętrznego,

2) na pobraniu próbek do badań kontrolnych.

Odnośnie punktu 1) pobierający próbki wybiera co najmniej po jednej cegle na każde 5000 sztuk i poddaje wy-

brany materiał oględzinom zewnętrznym, ustalając jego jakość i kwalifikując do odpowiedniego gatunku, zgodnie z warunkami technicznymi, obowiązującymi dla klinkierów drogowych na podstawie cech zewnętrznych badanego materiału.

Po przeprowadzeniu powyższych badań pobiera się próbki do badań laboratoryjnych w ilości jednej cegły na każde 15000 sztuk klinkieru, przyczem każde rozpoczęte 15000 sztuk uważa się za pełne 15000 sztuk.

Dodatkowo należy pobrać po jednej sztuce na każde 25000 sztuk klinkieru do próby ścieralności w bębnie „Ratler'a”.

Szczegółowy sposób pobierania prób do badań kontrolnych jak Nr. kozłów, rzędów i kolejności sztuk itp. pobierający próbki ustala każdorazowo przed przystąpieniem do swych czynności, przed obejrzeniem klinkieru.

Próbki wybrane winny być w sposób trwały oznaczone przez pobierającego i przesłane do badań.

Z czynności swych pobierający próbki sporządza protokół.

Przesyłanie próbek klinkieru do badań.

Wybrane cegły układa się w skrzynkach drewnianych, przedzielając poszczególne cegły wstawami słomy, dołącza się do nich odpis protokołu pobrania próbek, poczem skrzynię zamyka się szczelnie, plombuje, umieszcza na wierzchu adres laboratorium i przesyła do badań.

PLYTY KAMIENNO-BETONOWE.

Płyta kamienno-betonowa jest wykonana w swej górnej części z tłucznia. Tłuczeń, o możliwie równej powierzchni, narażony na bezpośrednie działanie ruchu, winien ściśle przylegać do ścian płyty.



Szczeliny pomiędzy tłuczniem winny być jak najmniej. Szczeliny te na głębokość około 6 cm. zalewa się zaprawą cementowo - piaskową. Dolną część płyty stanowi warstwa wyrównawcza betonu.

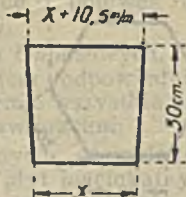
Kształt płyty.

W zależności od tego, czy wykonujemy nawierzchnię z płyt czworokątnych, czy też sześciokątnych, rozróżniamy:

A. przy nawierzchni z płyt czworokątnych:

1. układanej rzędami prostokątnymi do osi drogi
 - a) płyty normalne czworokątne o wymiarach 30×30 cm.
 - b) połówki płyt normalnych o wymiarach 30×15 cm.,
 - c) płyty specjalne oraz połówki tych płyt, stosowane przy wykonywaniu łuków. Płyty te mają kształt trapezu, którego boki, równoległe do osi drogi różnią się o 10,5 cm.

Wielkość „x” zmienia się od najmniejszej, przy wewnętrznej stronie łuku, do największej, przy zewnętrznej. Boki prostopadłe do osi drogi dają zbieżność, wynoszącą 2° .



2. układanej rzędami ukośnymi do osi drogi (kąt 45°).

- a) płyty normalne czworokątne o wymiarach 30×30 cm.
- b) połówki płyt normalnych o wymiarach 30×15 cm.
- c) płyty pięciokątne normalne, służące do wyrównania nawierzchni przy krawędzi.



- d) płyty specjalne pięciokątne, stosowane przy wykonywaniu łuków, tym się różnią od normalnych, że zamiast boków 13 cm. posiadają boki, których długość wynosi x i $x + 7,4$ mm.

Dwie takie płyty, złożone wzdłuż boku, wynoszącego 42,43 mm., dają zbieżność 14,8 mm., odpowiadającą skretowi 2° .

B. przy nawierzchni z płyt sześciokątnych (płyty sześciokątne objęte są patentem polskim Nr. 18323 inż. Trylińskiego i podlegają opłacie licencyjnej)

- a) płyty sześciokątne normalne o boku, wynoszącym 20 cm.
- b) połówki płyt sześciokątnych, służące do zakończenia nawierzchni,
- c) płyty pięciokątne (infuły) służące do zakończenia nawierzchni przy krawędzi,



- d) płyty sześciokątne specjalne i infuły specjalne, stosowane przy wykonywaniu łuków, otrzymane z jednej formy oraz serii wkładek, dających szereg płyt, w których cztery boki są normalne i wynoszą po 20 cm., dwa zaś są zmienne i dają zbieżność, wynoszącą 1° i $30'$.

Wszystkie płyty, bez względu na swój kształt, posiadają wysokość 15 cm., względnie 12 cm.

Material do wyrobu płyt.

Tłuczeń, używany do wyrobu płyt kamienno-betonowych, powinien posiadać wysokość 6–12 cm. przy wysokości płyty $h = 15$ cm. i 6–10 cm. przy wysokości płyty $h = 12$ cm.

Przybliżony rozchód tłuczni na 1 m^2 nawierzchni, przy grubości nawierzchni 15 cm., wynosi około 160 kg., przy grubości 12 cm. około 130 kg.

Rozchód cementu na 1 m^2 nawierzchni, przy grubości 15 cm., wynosi, w zależności od jakości kruszywa, około 35 kg., przy grubości 12 cm., około 30 kg.

Formy.

Formy do wyrobu płyt wykonane są z żeliwa; składają się one z dwóch połówek oraz z dwóch klinów, służących do zamykania form.

Przy zamawianiu form należy stawiać warunek, aby wszystkie części form były wzajemnie zamienne, co znacznie ułatwia pracę.

Przy nawierzchni z płyt czworokątnych mamy 3 rodzaje form:

- 1) formy do wyrobu płyt normalnych i połówek (po wstawieniu odpowiedniej wkładki),
- 2) formy do wyrobu płyt specjalnych trapezowych, stosowanych na łukach, z kompletem odpowiednich wkładek, dających przy jednej formie wszystkie płyty specjalne na całą szerokość nawierzchni,
- 3) formy do wyrobu płyt pięciokątnych normalnych, służące jednocześnie i do wyrobu płyt pięciokątnych specjalnych, po zastosowaniu kompletu wkładek.

Przy nawierzchni z płyt sześciokątnych mamy 2 rodzaje form:

- 1) formy do wyrobu płyt sześciokątnych normalnych, służące jednocześnie do wyrobu infuł, przy zastosowaniu żeliwnej wkładki,
- 2) formy do wyrobu płyt specjalnych, stosowanych przy łukach przy czym jedna forma i komplet wkładek dają wszystkie płyty specjalne na całą szerokość nawierzchni.

Formy sześciokątne zastrzeżone są patentem polskim Nr. 22621

Wykonanie płyt.

Płyty kamiennie-betonowe wyrabia się w formach żeliwnych, ustawionych na drewnianych podkładkach, z desek grubości 25 mm., zbitych listwami. Płyty można wyrabiać na specjalnych stołach wysokości 0,5 m., względnie bezpośrednio na ziemi, w tym jednak wypadku ziemia musi być odpowiednio wyrównana i ubita.

Kolejność robót jest następująca:

Na podkładce drewnianej ustawia się formę, na spód formy układa się tłuczeń, czołem do podkładki. Zaczyna się układanie od narożników, następnie wzdłuż ścian formy, a wreszcie zakłada się tłuczniem resztę wolnej przestrzeni. Układanie kamienia na płask jest niedozwolone. Należy zwrócić uwagę na odstęp pomiędzy tłuczniem; odstęp ten powinien być możliwie jak najmniejszy, ze względu na łatwe kruszenie się betonu przy dużych odstępach.

Ułożony kamień należy obficie polać wodą, w celu obmycia go z ewentualnych zanieczyszczeń, poczym przestrzeń pomiędzy tłuczniem zarzucić zaprawą cementowo-piaskową do wysokości około 6 cm., pozostałą zaś część wypełnić betonem, starając się, ażeby nałożona ilość betonu była wystarczająca, bez potrzeby powtórnego dodawania betonu. Po nałożeniu betonu ubija się go lekkimi ubijakami, wagi 6—8 kg., poczym dolną część płyty wyrównuje się wygładzarką (listwa drewniana z twardego drzewa 6×8 cm., obita blachą 1,5 mm. grubości, na długości 40 cm.).

Przy ubijaniu betonu należy zwrócić uwagę na dobre ubicie betonu, aż do „spocenia“, sprawdzać zwłaszcza ubicie przy kantach form i w narożach.

Przytoczona powyżej kolejność robót obowiązuje zarówno przy wyrobie płyt normalnych jak i specjalnych, z tą tylko różnicą, że płyty specjalne których długość krawędzi jest większa, niż 35 cm., powinny być zbrojone prętami żelaznymi średnicy 8 mm, w ilości 4 sztuk w płycie.

Po upływie około 15 minut od chwili wykonania płyty formę można zdjąć, płyty zaś na podkładce pozostawić minimum 24 godz., po tym zaś czasie płyty można zdjąć z podkładki i ułożyć w sztabie, zlewając jednocześnie wodą. Polewanie wodą płyt, ułożonych w sztablach, powinno odbywać się bez przerwy 10 dni, tak, żeby w tym okresie czasu płyty stale były wilgotne.

Po zdjęciu płyt z podkładek należy pamiętać o natychmiastowym wyczyszczeniu podkładek z betonu, należy również utrzymywać w czystości formy, które powinny być oczyszczane kilka razy dziennie, a przynajmniej raz w tygodniu należy je wysmarować tłuszczem (np. ropą).

BUDOWA PODTORZA

Budowa dróg i zliczanie pokładów jest zawsze bardzo trudnym zadaniem. Nie należy się więc dziwić, że w tym kierunku istnieje wiele badań i odkryć. W tym celu należy przede wszystkim zwrócić uwagę na dwa punkty:

Znaczenie granic jest bardzo ważne. Należy pamiętać, że granice te nie są idealne i mogą ulec zmianom. W tym celu należy wykonać dokładne pomiary i wyznaczyć granice z dokładnością do centymetrów. W tym celu należy wykonać pomiary w różnych miejscach i porównać je ze sobą. W tym celu należy wykonać pomiary w różnych miejscach i porównać je ze sobą.

DZIAŁ V

Budowa nawierzchni

- 1) budowa podtorza
- 2) „ „ nawierzchni zwykłych
- 3) „ „ nawierzchni ulepszonych.

Należy pamiętać, że budowa nawierzchni jest bardzo trudnym zadaniem. Należy pamiętać, że granice te nie są idealne i mogą ulec zmianom. W tym celu należy wykonać dokładne pomiary i wyznaczyć granice z dokładnością do centymetrów. W tym celu należy wykonać pomiary w różnych miejscach i porównać je ze sobą.

W tym celu należy wykonać dokładne pomiary i wyznaczyć granice z dokładnością do centymetrów. W tym celu należy wykonać pomiary w różnych miejscach i porównać je ze sobą.

Właściwości roboty...
 Na podstawie...
 ...

Udzielony...
 ...
 ...

Przy...
 ...
 ...

Wzrost...
 ...
 ...
 ...

W tym...
 ...
 ...

BUDOWA PODTORZA

Budowa dróg i ulic pochłania corocznie ogromne kapitały. Kardynalnym warunkiem jest zatem długowieczność i możliwie najtańsze utrzymanie. Jak przy wszystkich budowlach należy zwrócić uwagę przede wszystkim na grunt, na którym jezdnia spoczywa.

Znaczenie gruntu jest dotychczas naogół mało doceniane. Jeszcze obecnie można spotkać się z poglądem, że dla pokonywania coraz szybszego i coraz cięższego ruchu wystarczy przechodzić na coraz to cięższe typy nawierzchni. Doświadczenia ostatnich lat, poczynione przy budowie nowych dróg w Ameryce i w Niemczech, dowiodły niezbicie, że najcięższa i najkosztowniejsza nawierzchnia niedługo ostoi się ruchowi, o ile nie będzie spoczywała na dobrej podbudowie. Sprawa podbudowy natomiast łączy się najściślej ze sprawą gruntu, na którym cała budowla spoczywa.

Zrozumiały to w pierwszym rządzie Ameryka i Niemcy i powołały do życia olbrzymi aparat, służący do badania gruntów. Specjalnie opracowane przepisy wymagają, by „przed rozpoczęciem każdej budowy drogi było przeprowadzone badanie gruntów. Badanie to winno nastąpić jak najwcześniej, a zatem już podczas opracowania projektów i wytyczania trasy w terenie” (Rozporządzenie Generalnego Inspektora Drogownictwa Niemieckiego Nr. 54/35 z dn. 5. IV. 35 r.).

Niebezpieczeństwa zagrażające nawierzchniom ze strony gruntów są: osiadanie, usuwiska, oraz przelomy. Osiadania powstają przy wszelkich gruntach i zdarzają się głównie na świeżych nasypach. Stopień osiadania zależy od wysokości nasypu, sposobu wykonania, dokładności sztucznego skompromowania, ponadto od pogody podczas wykonywania nasypu i rodzaju gruntu. Osiadania powstają jednak nie tylko na nasypach, zdarzają się one również na gruntach zleżałych, głównie pod wpływem obciążeń nprz. pod ciężarem nasypów, o ile pod spodem znajdują się warstwy plastyczne w rodzaju torfu lub mułu.

Osuwiska powstają przy gruntach o niedostatecznym tarcu. Zjawisko to może nastąpić wskutek silnego zawil-

gocenia (podczas deszczów), wysychania, odmarzania głębszych warstw oraz pod wpływem obciążeń.

Badania gruntów zajmują się stwierdzeniem rodzaju gleby na dostatecznej głębokości, aby zapewnić zupełną stateczność nowowznoszonej budowli.

W Polsce badania gruntów przeprowadza Drogowy Instytut Badawczy przy Politechnice Warszawskiej.

Na podstawie wyników badania gruntów zostaje opracowana metoda wykonywania nasypów. Do budowy nasypów pożądane jest używanie możliwie jednorodnego materiału. O ile to jest niemożliwe, należy poszczególne rodzaje gruntów sypać warstwami, unikając powstawania w nasypie płaszczyzn ukośnych, które mogą łatwo spowodować obsunięcie się części nasypu. Grunty o większych skłonnościach do osiadania (np. gliny) należy dawać na spód nasypu, grunty o budowie ziarnistej, mniej skłonne do osiadania, dajemy na górne warstwy nasypu. W ten sposób skracamy okres osiadania warstw dolnych pod wpływem silnego nacisku z góry.

Nasypy należy wykonywać możliwie wcześniej, celem umożliwienia dokonania się największych osiadań przed ułożeniem nawierzchni. Celem skrócenia okresu osiadania stosuje się sztuczne skompromowanie nasypów przy pomocy: wałowania, ubijania, wibrowania oraz zamulania. Wybór metody zależy od rodzaju gruntu. Zamulanie może być stosowane tylko przy gruntach piaszczystych, bez zbyt wielkiej domieszki gliny która może wywoływać tworzenie się soczewek gliniastych. Soczewki te są niebezpieczne dla stateczności nasypów na skutek swojej nieprzepuszczalności. Mogą one prócz tego wywoływać przelomy.

Szczególną uwagę należy zwrócić przy zasypywaniu przyczółków. Miejsca te zwykle osiadają i są uciążliwe dla ruchu, a czasem mogą stać się nawet poważnym niebezpieczeństwem.

Zasypywanie przyczółków należy dokonywać cienkimi warstwami grubości około 20 cm., przy jednoczesnym dokładnym ubijaniu. Niebezpieczeństwo osiadania powiększają w znacznym stopniu narzuty kamienne za przyczółkami, dotychczas powszechnie stosowane. Pozwalają one na

stopniowe przenikanie gruntu do przestrzeni pomiędzy poszczególnymi kamieniami. Narzuty kamienne należy zastępować warstwami filtracyjnymi.

Przełomy wiosenne i odwodnienie wglębne.

Przełomy wiosenne pociągają za sobą corocznie wielkie straty finansowe i stanowią poważną przeszkodę dla ruchu. Usuwanie przyczyn tworzenia się przełomów na istniejących drogach jest bardzo trudne i kosztowne. Należy przeto przewidzieć odpowiednie środki zaradcze podczas budowy drogi.

Przełomy powstają w sposób następujący:



PRZEKRÓJ PRZEZ PRZEŁOM.

W.G. KÖCHER, SCHMIDT UND LEWYNEK, BEITRÄGE ZUR FROSTFRAGE IM STRASSENBAU

Podczas mroźnej pogody tworzą się w gruntach gliniastych soczewki lodowe, które wywołują podnoszenie się gruntu, tworząc t. zw. wysadziny.

Z chwilą nastania odwilży następuje zbyt duże nawodnienie gruntu, co skolei wywołuje jego miękniecie i utratę nośności. Jednocześnie następuje pęcznienie gruntu pod wpływem nadmiaru wody.

Podczas zamarzania gruntu zawarta w nim woda zwiększa swoją objętość o 9% przez co grunt również zwiększa swoją objętość. Podczas dalszego działania mrozu, woda kapilarna, znajdująca się w stanie przechłodzenia, dopływa stale do kryształów lodu. Z chwilą zetknięcia się z kry-

ształkiem lodu woda kapillarna traci swoją równowagę i zamienia się w lód, przymarzając do utworzonego poprzecznie kryształu. W ten sposób kryształy rosną stale, tworząc coraz większe soczewki, lub warstewki lodowe. Proces ten przebiega tym szybciej, im więcej wody zawierają sąsiednie, niezamarznięte warstwy gruntu, im bliżej znajduje się warstwa wodonośna i im bardziej przepuszczalny jest grunt. Najniebezpieczniejsze są piaski gliniaste, które posiadają tyle gliny, by zjawisko włoskowatości osiągnęło



**Przełomy na nawierzchni tłuczniowej
Widoczne elementy podkładu kamiennego.**

pewne rozmiary. Włoskowatość w połączeniu z przepuszczalnością sprzyja szczególnie wielkiemu dopływowi wody, a w konsekwencji — powstawaniu znacznych skupisk lodowych oraz dużych wysadzin.

W nawierzchniach, nie posiadających spoin, powstają w tym okresie znaczne naprężenia, z których wynika znaczna ilość szczelin i pęknięć, częściowo widocznych, częściowo zaś nieuchwytnych dla oka.

Z chwilą nastania odwilży następuje tajanie lodu. Powstają znaczne ilości wody, które nie mają odpływu wgląd warstw gruntu, ponieważ górne warstwy wcześniej tają, niż dolne. Następuje przesylenie gruntu wodą oraz rozmiękczenie gruntu. Ruch odbywający się w tym okresie na drodze ugniata rozmiękły grunt, zmieniając go na papkowate błoto. Na skutek dalszego obciążenia ruchem następuje odkształcenie rozmokłego gruntu w postaci fal, kolein i przelomów. W okresie tym nawierzchnia pozbawiona jest naturalnego oparcia, poprzez podbudowę, o grunt i podlega wielokrotnym wstrząsom, wygięciom oraz odkształceniom sprężystym i trwałym. Pęknięcia włoskowate, powstałe podczas tworzenia się wysadzin, powiększają się, tworzą się nowe pęknięcia i może nastąpić częściowe lub zupełne zniszczenie nawierzchni.

Zapobieganie tworzeniu się przelomów polega na tym, by oddzielić od siebie trzy szkodliwe czynniki: mróz, wodę i niebezpieczny grunt.

W tym celu należy zbadać jakość gruntu, sposób zagłębienia oraz miąższość i położenie warstwy wodonośnej. Czasem wystarczy warstwa nieprzepuszczalna, leżąca pod warstwą przepuszczalną, by stworzyć w okresie jesiennym warstwę wodonośną, która wystarczy na utworzenie przelomów. W okresie letnim warstwa ta traci charakter wodonośny i może być wogóle nie zauważona.

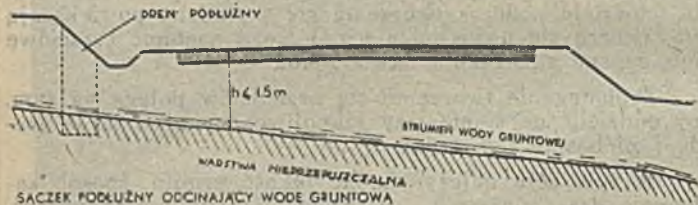
Sposoby zwalczania przelomów na istniejących drogach.

O ile przelomy powstają w postaci pojedynczych gniazd, wystarczy zwykle usunięcie niebezpiecznego gruntu do głębokości zamierzania i zastąpienie go gruntem żarnistym (piasek, żwir), który nie podlega zjawisku kapilarności. Zjawisko tworzenia się podobnych przelomów występuje przeważnie w nasypach, które będąc zbudowane z gruntu bezpiecznego, posiadają większe lub mniejsze

skupienia gruntu niebezpiecznego. Zdarza się to również często przy wykonywaniu przekopów kanałowych, kiedy przy zasypywaniu do górnej warstwy dostaje się glina, wydobyta z głębszych warstw.

W razie występowania przełomów na większych przestrzeniach na skutek obecności warstwy wodonośnej o niewielkiej miąższości, położonej na warstwie nieprzepuszczalnej, zagłębionej co najwyżej na 1,5 m. poniżej powierzchni drogi, należy przeciąć dopływ wody pod drogę, przez wybudowanie podłużnego drenu odcinającego. Warunkiem koniecznym jest możliwość odprowadzenia wody z drenu.

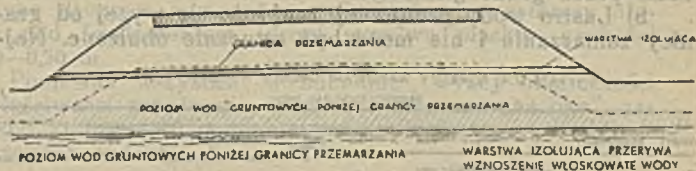
Dren podłużny zakłada się albo pod dnem, albo też za rowem w przeciwskarpie. Spadek podłużny drenu powinien wynosić co najmniej 1%. Dren wykonujemy z kamienia łamanego, z tłucznia, z otoczków, lub z sączków



cegłanych. Dreny podłużne powinny posiadać, o ile to możliwe, co 100 m odprowadzenie wody. Należy unikać przy prowadzeniu drenażu nagłych załamań spadków, oraz załamań w planie. Dla uniknięcia przenikania wody do drenów należy je przykryć od góry darnią, chrustem lub mchem, poczym zasypuje się dreny ziemią, którą należy dokładnie ubić, celem uniknięcia przenikania wody powierzchniowej.

Gdy przełomy występują na większych przestrzeniach, zaś warstwa wodonośna nie jest od dołu wyraźnie ograniczona, lub w razie położenia warstwy nieprzepuszczalnej pod warstwą wodonośną głębiej, niż 1,5 m. od wierzchu drogi, zachodzą dwie możliwości:

a) Lustro wody gruntowej leży podczas miesięcy zimowych poniżej granicy przemarzania, tak iż zawilgoce-
nie gruntu pochodzi od wody kapillarnej, albo może być



przy pomocy odpowiedniego drenażu obniżone do tego poziomu, wtedy najbardziej wskazanym środkiem zapobiegawczym jest przerwanie dopływu wody kapillarnej, przez ułożenie warstwy gruboziarnistego piasku, żwiru, lub tłucznia grubości 0,20—0,25 m. Czasem stosuje się zamiast tego przekładki wodoszczelne. Oba rodzaje warstw należy układać w ten sposób, by oddzielały one korpus drogowy od reszty terenu. Ponadto winny się one znajdować o ile możliwości poniżej granicy przemarzania gruntu, przynajmniej w obrębie nawierzchni. Należy dążyć do niedopuszczania wody powierzchniowej do odizolowanej



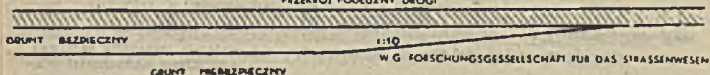
bryły gruntu. Warunek ten da się uzyskać przez pokrycie całego przekroju poprzecznego nieprzepuszczalną nawierzchnią. Woda, która pomimo to przenikła, musi mieć od-

powiedni odpływ. Warstwa izolacyjna ze żwiru, lub tłucz-
nia, powinna mieć od góry i od dołu zabezpieczenie z od-
powiednio grubych warstw piasku, przed zanieczyszcze-
niem przez grunt gliniasty.

b) Lustro wody gruntowej znajduje się wyżej od gra-
nicy zamarzania i nie może być sztucznie obniżone. Naj-

PRZEJŚCIE POMIĘDZY WARSTWAMI GRUNTU W POSTACI KLINA

PRZEKROJ PODŁUŻNY DROGI

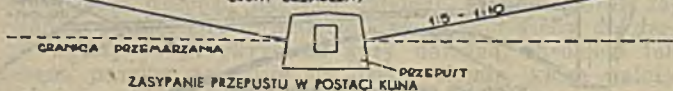


lepszym środkiem zjawia się wtedy podwyższenie drogi
materiałem, niepodlegającym włoskowatości, do takiej wy-
sokości, by działanie mrozu nie dosięgało do warstwy ka-
pillarnej, lub w ostateczności, żeby działanie to przenikało
do warstwy tej na możliwie małe głębokości.

O ile podsypanie drogi nie jest możliwe, zachodzi ko-
niecność usunięcia kapillarnej warstwy gruntu do głębo-
kości przemarzania i zastąpienia go gruntem ziarnistym.
Należy zwrócić uwagę, by warstwa tego rodzaju nie koń-
czyła się nagle w przekroju podłużnym, lecz by cieniła
klinowato. W ten sposób unika się różnicy poziomów jez-
dni spowodowanej podniesieniem tej części, która nie po-
siada izolacji. Podobne środki ostrożności należy zastoso-
wać również i w sąsiedztwie przepustów.

PRZEKROJ PODŁUŻNY DROGI

GRUNT BEZPIECZNY



Powyższe środki zapobiegawcze odnosiły się do istnie-
jących dróg. Przy budowie nowych należy przede wszyst-
kim poddać grunty dokładnemu zbadaniu na zachowanie
się ich podczas mrozu.

O ile rezultaty badań okażą się niezadawalające, na-
leży próbować obejść niebezpieczne grunty przez przelo-
żenie trasy. O ile to nie jest możliwe, należy podnieść

niweletę drogi ponad teren na wysokość równą głębokości przemarzania. Nasyp w tym wypadku należy wykonać z materiału nie wykazującego działania kapillarności. Gdy nasypy drogowe wynoszą więcej niż 2 m., wystarczy ułożyć pod fundamentem drogi warstwę piasku grubości 0,20—0,30 m.

Ponieważ wszystkie wymienione wyżej okoliczności i właściwości gruntu nie mogą być ocenione „na oko”, zachodzi konieczność poddania gruntu badaniom, przed rozpoczęciem budowy.

Obciążenia gruntów przyjmowane w praktyce.

Piasek drobny		1.5 kg/cm ²
Piasek gruby mocno zleżały	5.0— 6.0	..
Grunt suchy mocno zleżały o dużej zawartości żwiru, bez zbytnej zawartości gliny	2.5— 5.0	..
Grunt gliniasty o zawartości 50—70% piasku	0.8— 1.6	..
II	4.0— 5.0	..
Margiel twardy	5.4— 8.7	..
Drobny twardy żwir, zleżały	6.5— 8.7	..
B. miękki piaskowiec	1.6— 1.9	..
Miękka kreda	1.1— 1.6	..
Skala lita	9.0—20.0	..

NAWIERZCHNIE ŻWIROWE.

Stosowane być mogą dla lekkiego ruchu o małym natężeniu, przy ruchu mieszanym — przy przeważającym ruchu motorowym na pneumatycznych obręczach wytrzymują nawet ruch o średnim natężeniu.

Material.

Jako material używamy żwir kopalny, przyczem żwir winien mieć domieszkę mułu gliniastego w ilości 5 — 10%. Jeżeli nawierzchnię żwirową budować musimy ze żwirów rzecznych względnie kopalnych bez domieszki gliny należy przy wałowaniu dodać kilka procent mułu gliniastego.

Żwir winien być przerafowany na dwa względnie trzy gatunki o uzjarnieniu:

- 1) 0 — 15 mm 15 — 30 — 40 mm i 30 — 70 mm.

Przygotowanie podłoża.

Na grobli drogowej wykonujemy koryto odpowiedniej głębokości w zależności od przyjętej grubości nawierzchni — ściśle w/g projekt. przekroju poprzecznego i podłużnego.

Jeżeli grobla drogowa jest wykonana z gruntu nie przepuszczalnego — wówczas jak dla każdej nawierzchni wykonujemy sączki poprzeczne co 5 — 20 m. w zależności od rodzaju gruntu i spadków podłużnych oraz dajemy warstwę piasku grubozjarnistego grub. 15 — 20 cm. jako warstwę filtracyjną.

Warstwa filtracyjna powinna być uwałowana lekkim walcem ręcznym lub motorowym względnie ubita ręcznymi szerokimi ubijakami do odpowiedniej zwięzłości

Po przygotowaniu podłoża zakładamy opory. Opory mogą być wykonane albo z kamienia łupanego odpowiedniej wysokości albo z darniny w dwóch wstawach szerokości od 20 — 30 cm. i grub około 10 cm.

Po wykonaniu podłoża przystępujemy do wykonania nawierzchni. Należy zwracać uwagę *ażebymy po wykonanym podłożu nie puszczają ruchu* — jak to niestety często się dzieje na robotach.

Wykonanie nawierzchni.

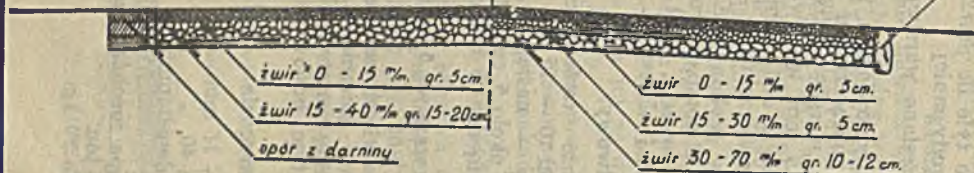
Nawierzchnie żwirowe należy budować zawsze conajmniej w dwóch wstawach: dolna o grubszym uziarnieniu — warstwa nośna, i górna o drobnym uziarnieniu — warstwa jezdna. Należy dążyć do takiego sortowania żwiru, aby różnica wielkości ziaren dla warstwy nośnej nie była większa od 40 mm; dla warstwy jezdnej nie większa od 20 mm.

a) Makadam dwu warstwowy

Na wykonane podłożo rozścielamy dolną warstwę żwiru o ziarnach 15 — 40 mm warstwę grubości 15 — 20 cm. i walujemy lekkim walcem motorowym 4 — 6 ton i w zależności od stanu zawilgocenia żwiru i pogody polewamy wodą.

nawierzchnia żwirowa
macadam 2-warstwowy

macadam 3-warstwowy
kamenie oporowy



podłoże

grunt przepuszczalny

grunt nieprzepuszczalny



Należy uważać, ażeby polewanie nie było intensywne — wody należy dawać tylko tyle ile potrzeba na wiązanie warstwy, raczej lepiej dać wody mniej.

Wałujemy dotąd aż rozesłana warstwa żwiru nie tworzy pod walem fali.

Dolna warstwa winna odpowiadać po zawałowaniu ściśle niwelecie podłużnej i poprzecznemu przekrojowi.

Po zawałowaniu dolnej warstwy rozścielamy warstwę górną o uziarnieniu 0 — 15 mm warstwą grubości około 5 cm. Wałujemy z dość obfitym dodatkiem wody aż do zupełnego skomprymowania nawierzchni.

Polewanie wodą należy wykonywać albo ręcznie — konewkami, lub mechanicznie pompą z rozpylaczem — nie należy wykonywać go beczkowozem, gdyż koła beczkowozu deformują rozesłaną warstwę i niszczą ją.

b) Makadam trzy warstwowy.

Na wykonane podłoże rozścielamy warstwę żwiru o wym. 30 — 70 mm grubości 10 — 15 cm. przywalcowujemy lekko bez dodawania wody — następnie rozścielamy warstwę 15 — 30 mm grubości około 5 cm, która winna skłinać dolną warstwę i wałujemy z dodaniem małej ilości wody jak wyżej.

Następnie rozścielamy warstwę 0 — 15 mm grub 5 cm. i postępujemy jak wyżej.

Jeżeli posiadamy odpowiedni materiał gruz betonowy, ceglany, kamień łupany lub otoczaki o wymiarach około 10 — 12 cm. lepiej jest dolną warstwę układać ręcznie jak podkład i na podkładzie tym budować warstwę średnią i górną.

Narzędzia.

- 2 sita o oczkach 15 — 17 mm
- 2 „ „ 35 — 40 „
- lub sito mechaniczne dwustopniowe
- 1 beczkowóz
- 3 konewki lub 1 pompa mechaniczna,
- wał motorowy 4 — 7 ton.
- wał ręczny wagi około 30 kg.
- krzyże, łaty.

Jeżeli nie posiadamy wału mechanicznego można stosować wał konny, lecz tylko do wałowania jezdnej warstwy. Warstwy nośne należy wtedy wałować walcem ręcznym.

Konserwacja.

Utrzymanie nawierzchni żwirowej winno być tak wykonywane, ażeby jezdna warstwa żwiru nie była cieńsza od 3 cm. — należy więc warstwę jezdną uzupełniać przez żwirowanie żwirem o uziarnieniu 0 — 15 mm przyczem należy używać żwir który zawiera około 10% lepiszcza gliniastego. W każdym razie nie należy dopuszczać do obnażania się warstwy nośnej, gdyż wtedy nawierzchnia może ulec b. prędkiemu zniszczeniu.

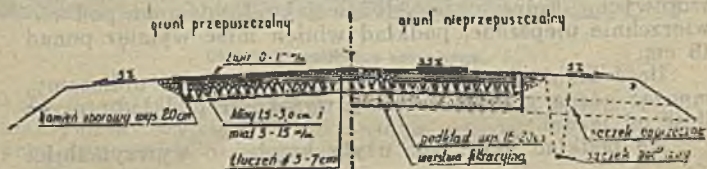
Przy przeważającym ruchu motorowym, przy małej intensywności ruchu i małym obciążeniu nawierzchnia żwirowa po starannym skomprimowaniu przez ruch może być powierzchniowo bitumowana smołą, asfaltem lub emulsją, celem uodpornienia jej na działanie pneumatyków i usunięcia nadmiaru kurzu.

Nawierzchnie żwirowe dobrze wykonane są dobrym fundamentem pod nawierzchnie betonowe ciężkiego i średniego typu oraz pod makadamy bitumiczne lekkiego typu.

NAWIERZCHNIE SZOSOWE.

Nawierzchnia szosowa może być stosowana dla ruchu o małym i średnim natężeniu, przy warunku jednak, że ruch mechaniczny jest mały i że posiadamy w dostatecznej ilości i odpowiednio tani drobny żwir kopalny, niezbędny dla konserwacji drogi. Nawierzchnia szosowa jest doskonałym fundamentem pod t. zw. nawierzchnie ulepszone wszelkich typów.

nawierzchnia szosowa na podkładzie kamiennym



Konstrukcja nawierzchni składa się z:

1) podłoża, 2) podkładu i 3) warstwy tłucznia (kory-
tłuczniowej).

Podłoże.

Podłoże winno być starannie wyprofilowane do przekroju poprzecznego i podłużnego — jeżeli grunt jest nieprzepuszczalny, należy dać 20—30 cm warstwę filtracyjną z gruboziarnistego piasku lub żwiru, odpowiednio wykonać sączki poprzeczne i podłużne tak, jak dla każdej innej nawierzchni.

Podkład.

Na podkład należy używać specjalnie płytowanych kamieni o równej mniej więcej wysokości (tolerancja do 3 cm.). Kamień na podkład powinien mieć formę zbliżoną do ściętego stożka i powinien być stateczny.

Układanie podkładu winno być wykonane przez przyuczonych robotników — należy kamień stawiać na przygotowanym podłożu szczelnie jeden obok drugiego, szczeliny między kamieniami rozklinowujemy ręcznie grubym tłucznem lub „oskołkami”, które powstały po wysortowaniu kamienia na podkład. Wydajność układacza na godz. wynosi 2,5—3m².

Rozklinowany podkład pożądane jest zawałować lekkim walcem — około 4 t.cnn. bez polewania wodą.

Podkład winien być ujęty w kamienie krawężne, dobrze obsadzone i silnie podbite od strony zewnętrznej, tak, ażeby przy wawowaniu tłucznia nawierzchnia nie „rozchodziła się” na boki.

Wysokość podkładu zależy od wielkości spodziewanego ruchu.

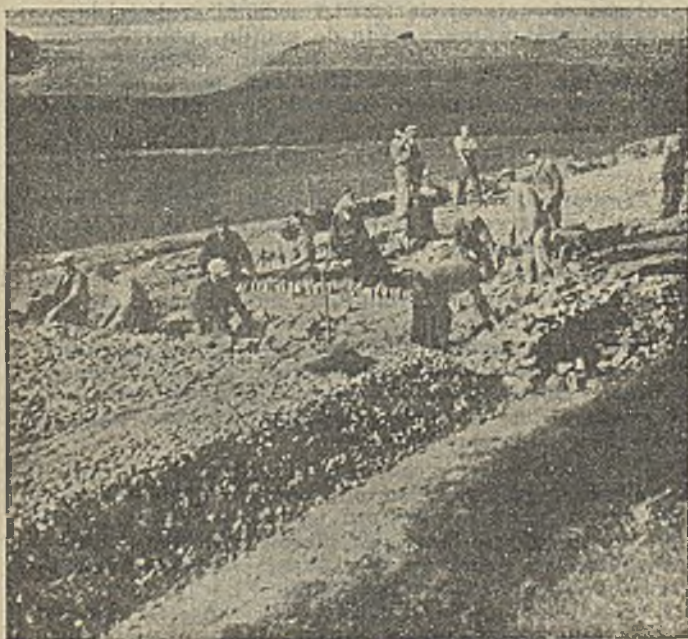
Można stosować podkład od 12 cm dla lekkich nawierzchni, dla nawierzchni dla średniego natężenia ruchu podkład winien mieć wysokość 15—18 cm., — dla nawierzchni szosowych, które mają służyć jako fundament pod nawierzchnie ulepszone, podkład winien mieć wymiar ponad 18 cm.

Ilość kamienia na podkład i zaklinowanie obliczamy, mnożąc górną granicę zadanej wysokości podkładu przez ilość m² jezdni.

Na podkład może być użyty kamień o wytrzymałości

od 400 kg/cm², za wyjątkiem kamieni, które ulegają lasowaniu się, lub wietrzeniu.

Tłuczeń powinien mieć formę możliwie kubiczną, z tych względów przy nawierzchniach szosowych pierwszeństwo należy oddać tłuczniowi, wyrobionemu ręcznie. Wiel-



Układanie podkładu szosowego.

kość tłucznia zależy od grubości warstwy tłuczniowej; maksymalny wymiar tłucznia winien wynosić 0,7 grubości kory szosowej po zawałowaniu.

Normalnie używany tłuczeń posiada wymiary do 7 cm.

Wykonanie nawierzchni.

Przed wykonaniem powłoki szosowej przygotowany tłuczeń winien być przesiany i przesortowany na conajmniej trzy gatunki: 1) tłuczeń 30—70 mm, 2) kliny 15—50 mm, i 3) miął 5—15 mm.

Na przygotowane podłoże rozścielamy warstwę tłucznia, grubości równającej się 1,2—1,3 zadanej grubości kory szosowej po uwałowaniu, ściśle do profilu poprzecznego i podłużnego. Rozesłaną warstwę tłucznia wałujemy ciężkim 10—16 ton. walcem z dodaniem odpowiedniej ilości wody, do tego momentu, gdy warstwa tłucznia nie tworzy fali przed walcem. Przy wałowaniu należy uzupełnić „puste“ miejsca tłuczniem, nie należy wypełniać gniazd pustych klinćem.

Po zawałowaniu tłucznia rozsypujemy kliny 15—30 mm równą warstwą, używając około 20 litrów/m² i wałujemy z dodaniem odpowiedniej ilości wody.

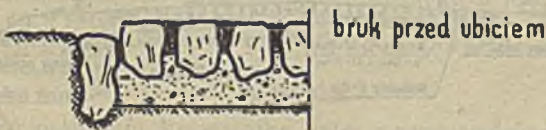
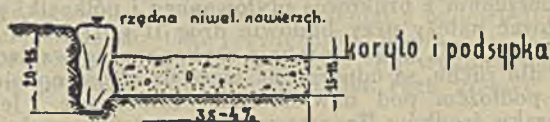
Po zaklinowaniu tłucznia rozsypujemy miął 5—15 mm w ilości około 10 litr./m² i wałujemy nawierzchnię do zupełnego jej skompromowania. W czasie wałowania uzupełniamy miejsca nieuszczelne miiałem, tak, ażeby zawałowana nawierzchnia była możliwie zamknięta. Po zawałowaniu rozsypujemy warstwą około 5—10 mm grubości żwir kopalny wymiarów 0—10 mm., przywałowujemy go walcem i nawierzchnię oddajemy do ruchu.

Do polewania nawierzchni tłuczniowej przy jej wałowaniu pożądane jest stosować odpowiednie pompy — polewanie przy pomocy beczkowozu jest nie pożądane z tego względu, że samo polewanie jest nierównomierne i wreszcie, że beczkowóz, jadąc po rozsypanej warstwie tłucznia deformuje niedowałowaną nawierzchnię i narusza już ułożone i sklinowane ziarna tłucznia. Pożądane jest, aby do czasu ostatecznego wykonania powłoki szosowej nie odbywał się po niej żaden ruch kołowy nawet beczkowozów.

Jeżeli na drodze jest ruch pojazdów mechanicznych dość ożywiony pożądane jest na okres 2—4 tygodni od zakończenia nawierzchni ograniczyć szybkość ruchu do 20—30 km/godz., ażeby nawierzchnia miała możność ostatecznie skompromować się pod ruchem przy małych szybkościach.

W okresie komprymacji nawierzchni pod ruchem należy dbać, ażeby nawierzchnia miała ciągle pokrycie warstwą żwiru kopalnego i posiadała pewien zapas wilgoci.

NAWIERZCHNIE BRUKOWANE NA PODŁOŻU ZIEMNYM.



Nawierzchnie tego typu dzielimy na trzy rodzaje, w zależności od rodzaju użytego brukowca:

- 1) nawierzchnia z brukowca okrągłego („koci łeb“),
- 2) nawierzchnia z brukowca płytowanego,
- 3) nawierzchnia z półkostki grubej.

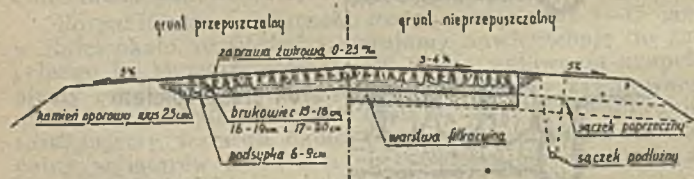
Nawierzchnia z brukowca okrągłego może być stosowana tylko na drogi o lokalnym znaczeniu, jako dojazdy,

zjazdy i t. p., dla mało intensywnego ruchu. Może być stosowana jako podłoże pod nawierzchnie bitumiczne.

Stosowania brukowca okrągłego na nawierzchnie drogowe należy raczej zaniechać, gdyż koszt przewozu po tych nawierzchniach jest bardzo duży, ze względu na niszczenie wozów.

Nawierzchnia z brukowca płytowanego i półkostki grubej stosować należy przy budowie dróg II i III kl., a nawet dla dróg I kl., gdyż starannie wykonane są względnie dogodne dla ruchu, są odporne na ssące działanie opon i są dobrym podłożem pod nawierzchnie bitumiczne. Jeżeli więc z braku środków finansowych nie możemy na drodze II a nawet I klasy ułożyć od razu nawierzchni ulepszonej i jeżeli budowa nawierzchni ulepszonej musi być odłożona na kilka lat, wtedy należy budować nawierzchnie brukowane, jako najekonomiczniejszą podbudowę.

nawierzchnia z bruku na podłożu ziemnym



Opis i warunki obróbki brukowca zostały podane w dziale materiałów kamiennych. Należy dążyć do tego, aby brukowiec posiadał mniej więcej jednakową wysokość, od tolerancji bowiem wysokości w dużym stopniu zależy moc nawierzchni. Poszczególne elementy powinny stanowić bryły o ostrych krawędziach i kształtem zbliżone powinny być do sześciątów.

Przygotowanie podłoża.

W grobli drogowej, wykonanej z gruntów przepuszczalnych, wykonujemy koryto, głębokości około 25 cm., w zależności od wielkości brukowca, ściśle według profilu podłużnego i poprzecznego, szerokości takiej, jaką projektujemy nawierzchnię. Koryto winno mieć gładką powierzchnię i być odpowiednio twarde.

Jeżeli grobla drogowa jest wykonana z gruntów nieprzepuszczalnych, wówczas koryto należy wykonać głębsze o 15 cm, t. j. około 40 cm; należy wówczas wykonać poprzeczne sączki z tłucznia, lub grubego żwiru, co 10—20 m i odprowadzić przez burtę do rowu. Na wykonane koryto należy rozesać warstwę filtracyjną, grubości 15—20 cm, z gruboziarnistego piasku. Rozeslaną warstwę filtracyjną należy zawałować lub ubić ubijakami z odpowiednim zwilżeniem wodą do takiej zwięzłości, ażeby przy chłodzeniu nawierzchnia się nie doformowała. Po wykonanym podłożu nie powinien odbywać się żaden ruch kołowy.

Krawężnik.

Po wykonaniu koryta przystępujemy do ustawienia krawężników ze specjalnie obrobionych kamieni. Krawężnik osadzamy mocno do wysokości według projektowanej niwelety nawierzchni. Zabezpieczamy przez silne ubicie z tłuczniem lub żwirem, względnie przez pas darniny krawężnik z zewnętrznej strony, tak, że, ażeby przy wykonaniu bruku linia krawężnika nie uległa deformacji.

Krawężnik jest bardzo ważnym elementem jezdni i należy go wykonać specjalnie i bardzo dokładnie i mocno. Linia krawężnika stanowi prowadnice i opory dla nawierzchni.

Podsypka.

Po osadzeniu krawężnika należy doprowadzić do „porządku“ naruszone przy krawężniku podłoże przez odpowiednie ubicie. Do koryta uzbrojonego w krawężnik, rozsypujemy równą warstwę grubości 15—18 cm, podsypkę. Ilość podsypki zależy od stopnia foremności brukowca.

Na podsypkę należy używać żwir kopalny o ziarnach 0—20 mm. Jeżeli żwir w danej okolicy jest drogi, można stosować mieszaninę piasku i żwiru. Podsypka powinna mieć takie uziarnienie, ażeby po ubiciu dawała względnie szczelną masę (30% próżni).

Nie należy na podsypkę używać piasku o bardzo drobnym uziarnieniu szczególnie o „równym“ ziarnie. Od uziarnienia podsypki w dużym stopniu zależy trwałość bruku—ponieważ zaś koszt podsypki mało wpływa na koszt nawierzchni, nie należy na podsypce „oszczędzać“.

Układanie bruku.

Bruk układamy w t. zw. mozaikę, tak, żeby spoiny były możliwie najmniejsze i dobrze powiązane. Jeżeli forma brukowca pozwala — możemy stosować układanie w rzędy. Bruk należy układać tak, ażeby przynajmniej do połowy wysokości fuga była wypełniona podsypką. Brukowiec po osadzeniu powinien być dobrze przybity młotkiem. Brukarzom należy zadać „wysokość ułożenia“, wzniesioną o 3—5 cm ponad niweletę, w zależności od zdolności komprimacyjnej podsypki. Szerokość pasa na jednego brukarza winna wynosić 1,10 — 1,30 m. Wydajność brukarza od 2,2 — 3,0 m²/godz.

Ubijanie bruku.

Dobrze ułożony i dobity przez brukarza młotkiem bruk zamulamy zaprawą żwirową lub grysową, wymiarów 5—20 mm, wcierając zaprawę z dość obfitą ilością wody w fugi i oczyszczając powierzchnię tak, żeby dobrze widać było każdy poszczególny brukowiec. Ubijacze winni być rozłożeni w przekroju poprzecznym tak, żeby na jednego przypadła pas szerokości 1,20 — 1,50 m.

Ubijamy bruk dwu-lub trzykrotnie.

Pierwsze ubicie nie powinno być zbyt silne — ma ono za zadanie posadowienie brukowca. Po pierwszym ubiciu zamulamy bruk dla dopełnienia spoin, obficie dodając wody i wcierając zaprawę.

Drugie ubicie powinno być ubiciem ostatecznym do przepisane go profilu poprzecznego i podłużnego.

W czasie ubijania winien być szablonem i łatą stale sprawdzany profil.

Trzecie ubijanie, jeżeli stosujemy, winno być sprawdzeniem dobrego ubicia i ostatecznego wyprofilowania jezdni. Wydajność I i II ubijania wynosi od 4,5—6 m²/godz., III ubijania od 6—8 m²/godz.

W niektórych okolicach Polski stosuje się t. zw. szabrowanie bruku. „Szabrowania“ bruku raczej należy zaniechać, gdyż tłuczeń, rozpierając brukowiec, nie pozwala na dobre ubicie bruku, a bruk pod wpływem ruchu pojazdów osiada i b. często zupełnie się deformatuje.

Należy przyjąć za zasadę, że bruk należy dobrze zamulić i ubijać ze spoinami pełnymi.

Po ubiciu bruku należy nawierzchnię pokryć cienką warstwą żwiru (wym. 0—10 mm) i przez kilka pierwszych tygodni po puszczeniu ruchu utrzymywać w stałe pokrytym i możliwie wilgotnym stanie.

Celem uszczelnienia bruku do zamulenia spoin możemy używać zaprawy asfaltowej, przygotowanej na emulsji asfaltowej wolno-wiążącej, uprzednio dwukrotnie rozcieńczonej. Zaprawa winna zawierać 70 — 100 litrów 55% emulsji/m³ zaprawy. Przy stosowaniu zaprawy asfaltowej ubijanie ostateczne powinno być skończone w okresie 4—6 godzin.

Jako podsypkę możemy stosować zamiast zwykłej podsyпки żwirkowej, podsypkę żwirkowo-cementową 1:6, stosując do brukowania zaprawę półsuchą.

Przy użyciu podsyпки żwirkowo-cementowej należy całkowicie wykonać nawierzchnię w czasie 1.5—2 godz. (rozesłanie podsyпки, ułożenie, ubicie i zamulenie bruku). Nawierzchnię po wykonaniu należy pokryć piaskiem warstwą 5—7 cm i trzymać w stałe wilgotnym stanie przez okres twardnienia betonu.

Ruch otworzyć można po 4—5 tygodniach.

Można tylko do zamulenia stosować zaprawę cementowo-żwirową 1:4, 1:3 — wówczas ubijanie winno być skończone w czasie do 1,5 godz. i ruch na drodze może być otwarty dopiero po upływie 14 dni.

Konserwacja bruku.

Dobrze ułożony i dobrze ubity bruk na odpowiedniej podsyponce i dobrze uszczelniony zaprawą przy ubijaniu, nie powinien ulegać deformacjom pod wpływem ruchu, przy warunku, że spoiny będą stałe wypełnione. W zasadzie więc konserwacja winna sprowadzać się do zamulania od czasu do czasu spoin bruku; z reguły należy to wykonywać na wiosnę i na jesień.

W razie, jeżeli na nawierzchni wytworzą się wyboje, należy wykonać łatanie, łata winna być b. starannie ubita, przyczym należy na podsypkę użyć bardzo dobrego materiału. Nie należy łat górować na „ujeżdżenie” należy łatę tak ułożyć i ubić, żeby nie różniła się pod względem skompromowania od sąsiedniego starego bruku

Handwritten note: budynek 186 303

NAWIERZCHNIE SMOŁOWE.

Nawierzchnie smołowe, podobnie jak i asfaltowe, dzielą się na następujące rodzaje:

1. Smołowanie powierzchniowe,
2. Makadam smołowy, smołowanie wgłębne i nawierzchnia smoło-spoinowa.
3. Beton smołowy.



Smołowanie powierzchniowe.

Nawierzchnie smołowe przechodziły etapy rozwojowe równoległe do asfaltowych i w wielu punktach są z nimi spokrewnione.

Wszystkie uwagi odnoszące się do rodzaju materiałów mineralnych używanych przy budowie nawierzchni asfaltowych odnoszą się również i do nawierzchni smołowych. Poza tym nawierzchnie zbudowane przy użyciu smoly przypominają nawierzchnie asfaltowe z tą różnicą, że lepsze smołowe przez swoje właściwości omówione w dziale „Smoly” wymaga pewnego odrębnego traktowania.

1. Smołowanie powierzchniowe jest bodaj najstarszym sposobem „modernizacji” istniejących tłuczniówek. Zastosowane było pierwotnie jako środek pyłochłonny, który w następstwie przerodził się na samoistny typ, jeżeli nie nawierzchni, to przynajmniej utrzymania nawierzchni. Przy ruchu mieszanym do 100 ton na 1 m. szerokości jezdni oraz przy ruchu samochodowym dwukrotnie większym oddaje dobre usługi. Przy ruchu większym lub w razie przewagi ciężkiego ruchu konnego wymaga zbyt kosztownej konserwacji, wobec czego nie oplaca się.

Wszelkie uwagi dotyczące czyszczenia nawierzchni oraz rodzaju użytego materiału kamiennego podane w dziale „Asfaltowanie powierzchniowe” odnoszą się również i do smołowania. Podczas cieplej pogody używa się do smołowania smoły gęstszej S II, lub stabilizowanej SS I, podczas chłodniejszej pogody stosuje się smołę rzadszą S I. Smoły płynne — patrz dział „Smoły” znajdują tu zastosowanie podczas niesprzyjających warunków atmosferycznych, kiedy zależy na terminowym wykończeniu robót. Są one droższe od smół zwykłych i potrzebują dłuższego czasu, około 6 — 10 godzin, na związanie. O ile smołowanie odbywa się bez zamknięcia ruchu, grozi to utratą pewnej ilości grys, który zostaje porwany przez koła pojazdów. Smoła płynna posiada większą zdolność zwilżania grys, niż smoła zwykła, może zatem związać większą jego ilość. Nadaje się ona szczególnie do małych robót, gdzie nie oplaca się sprowadzanie kotłów, i do robót konserwacyjnych.

Przy wykonywaniu smołowania należy zwrócić uwagę na dobre oczyszczenie nawierzchni, na właściwy jej profil, albowiem nierówności nawierzchni nie dają się usunąć przy pomocy smołowania, na równomierne rozlewanie smoły i na właściwe ogrzewanie smoły. O ile z kotła, lub dyszy, którą rozlewamy smołę, wydobywa się dym, jest to oznaka zbyt wysokiej temperatury smoły. Maxymalna temperatura nie powinna przekraczać 120°. O ile panuje ciepła pogoda i smoła daje się dobrze rozlewać przy niższej temperaturze, możemy sobie zaoszczędzić opału i lżejszych składników smoły, nie podgrzewając jej tak wysoko.

Na oczyszczoną jezdnię rozlewamy taką ilość smoły, aby tworzyła ona warstwę jaknajcieńszą, która jednocześnie pokrywała by całą nawierzchnię ciągłym pokrow-

cem. Natychmiast po tym rozsypujemy grys cienką równą warstwą i wałujemy lekkim walcem.

Zużycie materiałów jest następujące:

	Rodzaj lepiszcza	Ilość lepiszcza w kg./m ²	Uziarnienie grysu	Ilość grysu kg./m ²
Pierwsze smołowanie	S. I S. II SS. I	1,5—2,0	5—15	18—25
Drugie smołowanie	S. I S. II SS. I	0,8—1,5	3—5 5—15	15—20
Pierwsze smołowanie	smoła płynna	1,2—2,0	5—15	16—23
Drugie smołowanie	smoła płynna	0,5—1,5	3—5 5—15	13—18

Makadam smołowy i smołowanie wgłębnne.

Wszystkie uwagi dotyczące analogicznych typów nawierzchni asfaltowych odnoszą się również i do odpowiadających im typom nawierzchni smołowych. Również i tu daje się zauważyć pewien zanik smołowania wgłębnego, jako samodzielnej nawierzchni a zastosowanie jej jako doskonałej podbudowy pod dywaniki i to nie tylko smołowe. Ostatnio wykonywano zagranicą dywaniki z masy asfaltu lanego nawierzchniowego na podbudowie smołowanej wgłębnie. Makadam smołowy przeszedł również pewne przeobrażenia analogiczne do makadamu asfaltowego. Zasadniczymi zmianami są: mniejsze grubości makadamu oraz zapatrywanie nawierzchni nie w zwykły pokrowiec, jak poprzednio, dla zabezpieczenia nawierzchni od przenikania wody z góry, lecz cienką warstwą masy dobranej na minimum próżni. Ostatnia zmiana ma szczególne znaczenie dla naszych warunków ruchu, gdzie żelazne obręcze i ha-

cele powodują szybkie niszczenie pokrowców. Makadam smołowy zyskuje sobie obecnie coraz większe zastosowanie z powodu swej tanioci i łatwości w układaniu na zimno.

Makadam smołowy budowany jest zwykle na zimno przy użyciu smół S III i SS II, przy czym S III stosujemy do warstw dolnych, SS II, jako smołę stabilizowaną, do warstwy górnej. O ile pogoda jest chłodna i materiał, otoczony smołą, zbyt mocno się zlepia, nie dając się układać, można rozcieńczyć smołę S III smołą rzadszą.

Jako kruszywo może być użyty, zależnie od intensywności ruchu, materiał ze skał wybuchowych, twardych piaskowców o lepszemu wapiennym, twardych zwartych wapieni oraz szlaki wielkopiecowej. Warunkiem zasadniczym jest brak własności emulgacyjnych kruszywa i zdrowa niezwiertzała budowa.

Makadam smołowy budowany jest warstwami w ten sposób, że materiał drobniejszy klimuje materiał grubszy. Najczęściej jest stosowana budowa trójwarstwowa. Zależnie od uziarnienia zmienia się wagowy odsetek smoły. Materiał drobniejszy wymaga procentowo więcej smoły, niż grubszy, ma bowiem większą powierzchnię do otoczenia. Przy użyciu kamienia nenasiałliwego ilość smoły waha się w następujących granicach wagowo:

Wielkość ziarn	Procent smoły
3—15 mm.	4—5%
5—30 mm.	3—4%
30—60 mm.	2½—5%

Przy użyciu materiału nasiakliwego dla smoły ilość jej zwiększa się o około ½% wagowo.

Zużycie materiałów na 1 m² nawierzchni waha się w zależności od grubości nawierzchni w następujących granicach:

Uziarnienie	30—60 mm kg.	5—15 mm kg.	0—5 mm kg.	Ra- zem kg.
dla ciężkiego ruchu i grubości nawierzchni 70 mm	100	25	15	140
dla średniego ruchu i grubości nawierzchni 50 mm	55	30	15	100
dla chodników i ścieżek dla kolarzy	—	30	20	50

Smolowanie wgłębne odbywa się w sposób następujący: Na dobrze wyprofilowanej podbudowie rozsypujemy pod szablon warstwę tłucznia o uziarnieniu 30 — 60 mm, grubości 8 cm. i wałujemy bez dodawania wody tak długo, aż tłuczeń przestanie tworzyć fałę przed walcem. Należy przy tym zwrócić uwagę, by nie wałować zbyt długo, co poznaje się po objawach miążdżenia ziarn tłucznia. Waga walca 10 — 12 tn. Następnie rozsypujemy równą warstwę grysu o uziarnieniu 15 — 25 mm. w ilości około 10 — 15 kg/m², by zapelnąć spoiny w grubym tłuczniu. Grys przywałujemy kilkoma przejściami walca, by z jednej strony dobrze zaklinować tłuczeń — z drugiej zaś nie pomiażdżyć grysu. Następnie rozlewamy smołę w ilości 3 kg/m². Smoła uprzednio była ogrzana do temperatury 100 — 120°, zależnie od ciepłoty powietrza. Rozlewanie najlepiej wykonywać przy pomocy rozpryskiwaczy. Pierwszy nalew natychmiast nakrywamy grysem o uziarnieniu 15 — 25 mm. w ilości 20 — 25 kg/m² i lekko wałujemy. Wystarczy tu lekkie przyciśnięcie grysu. Następuje drugi nalew w ilości 2 kg. smoły na 1 m², który nakrywamy grysem o uziarnieniu 5 — 15 mm. w ilości 15 — 20 kg/m². Grys ten również lekko przygniatamy walcem, w końcu wykonujemy pokrowiec przy użyciu 1.5 kg/m² smoły oraz grysu o uziarnieniu 5 — 15 mm. w ilości 15 — 20 kg/m².

Nie należy zbyt mocno wałować grysów, gdyż prowadzi to do miążdżenia ich i wytwarzania szkodliwej ilości

pyłu kamiennego. O ile możności należy wykonywać drugie smołowanie na drugi dzień po pierwszym, by dać smołę nieco odparować i stwardnieć. Ruch dobrze jest puścić dopiero w 3 dni po ukończeniu nawierzchni.

Zużycie materiałów jest następujące:

Tłuczeń 30—60 mm kg.	Grys 15—25 mm kg.	Grys 5—15 mm kg.	Smo- ła SIII kg.	Smo- ła SSI kg.
120—130	(10-15) + (20-25)	(15-20) + (15-20)	3+2	2,5

Jako tłuczeń nadaje się każdy zdrowy, niezwiertzały i nieemulgujący kamień. Jako grys lepiej stosować twarde rodzaje skał, albowiem miękkie rodzaje ulegają zbyt szybkiemu zmieleniu.

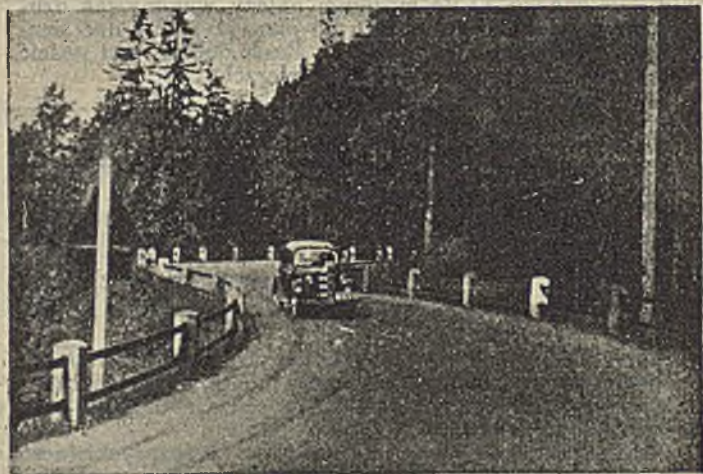
Zapotrzebowanie maszyn i ludzi: 2 rozpryskiwacze o pojemności 300 kg. każdy, 4 kotły podgrzewacze oraz 18—20 ludzi.

Wydajność: 500 — 700 m² na 8 godzin.

Nawierzchnia smołospoinowa (niem. Einstreudecke) — stanowi przejście pomiędzy makadamem smołowym i wgłębnym smołowaniem.

Pozwala na szybsze tempo robót oraz daje większą niezależność od pogody.

Wykonanie polega na rozsypaniu do profilu warstwy tłuczni o uziarnieniu 30 — 60 mm., grubości 8 cm. w stanie luźnym. Tłuczeń ten przechodzimy kilkakrotnie walcem na sucho, aż ziarna się ułożą. Następnie rozsypujemy grys smołowany o uziarnieniu 5 — 15 mm. cienką warstwą i waluujemy. W miarę jak grys znika w spoinach dosypujemy nowe jego ilości, aż do zupełnego zaklinowania nawierzchni. Normalny rozchód grysu wynosi do tej chwili 30 — 35 kg/m². Chcąc uzyskać jeszcze cienki dywanik na wierzchu, dajemy dalsze 20 kg/m² grysu smołowanego 5 — 15 mm, waluujemy go i nakrywamy masą smołową o uziarnieniu 0 — 5 mm. w ilości 15 kg./m². Po uwalowaniu otrzymujemy



Nawierzchnia smołospoinowa.

dywanik dobrze zazębiony z podbudową. Przed puszczeniem ruchu dobrze jest spryskać nawierzchnię smołą w ilości 0,5 — 0,8 kg/m² i posypać grubym piaskiem.

Przed rozsypaniem grysu smołowanego stosuje się czasem lekkie spryskanie tłuczni smołą S III w ilości około 1,5 kg/m² dla lepszego związania grysu z tłuczniem.

Grys smołowany 5 — 15 mm. winien zawierać tak wielką ilość smoly, jaką tylko może utrzymać bez obawy ściekania smoly.

Zużycie materiałów:

Tłuczni 30—60 mm kg.	Grys smołowa- wany 5—15 kg.	Miał smołowa- wany kg.	Smola SI	Piasek m ³
120—130	50—55	15	0,5—0,8	0,001

Walec do wałowania tłuczni i pierwszych dawek grysu winien mieć ciężar powyżej 10 tn. Przy wałowaniu grysu, który stanowi warstwę ścierną oraz przy wałowaniu mialu smołowanego, walec nie powinien przekraczać 10 t. O ile materiał smołowy wykazuje skłonność do oblepiania kół walca, należy je zwilżać wodą.

Beton smołowy. Jest to nawierzchnia pokrewna betonu asfaltowemu. Szkielet mineralny zbudowany jest na zasadzie minimum próżni, którego pory są wypełnione lepiszczem. Układ dwuwarstwowy, dolna warstwa wiążąca (binder), układana jest często na zimno, górna warstwa — przeważnie na gorąco. Nawierzchnia po uwałowaniu komprimuje się bardzo mało, jest twarda, nie podlega defor-



Beton smołowy na warstwie wiążącej z grysu smołowanego.

macjom przez ruch podczas gorących dni, przy ruchach podłoża przystosowuje się do zaszłych zmian, a przytym wykazuje znaczną szorstkość. Nawierzchnia ta zyskała sobie dużą popularność zagranicą, u nas była stosowana tytułem próby na Śląsku z dodatnim wynikiem.

Jako lepiszcze używana jest smoła typu SS III.

Szkiełét mineralny składa się z:

grysiku 3 — 10 mm	—	20 — 40%
piasku 0,2 — 3 mm	—	40 — 60%
mączki		15 — 20%

Szczególñą postacią betonu smołowego jest t. zw. „Asfalt Esseñski”, lub „Asfalt Dammanna”. Nawierzchnia ta została wynaleziona podczas wojny w Essen przez inżyniera dr. Dammanna. U nas nawierzchnia ta zwana jest „Komdrobitem”.

Nawierzchnia jest budowana na zimno zarówno przy użyciu smoly, jak i asfaltu jako lepiszcza. Właściwością tej nawierzchni jest bardzo mała zawartość lepiszcza które rzadko przekracza 5%. Kruszywo składa się z drobno mielonej szlaki wielkopiecowej lub twardego dolomitu. Uziarnienie jest dobrane według bardzo skrupulatnych przepisów. Największe ziarno nie przekracza 7 mm. Charakterystycznym zjawiskiem jest znaczne skomprimowanie nawierzchni, które wynosi około 50% w stosunku do luźno usypanej masy.

Układ nawierzchni dwuwarstwowy, grubość 4 — 7 cm. przy typie ciężkim (warstwa ścierna 2 — 3 cm), lub 3 — 5 cm. przy typie półciężkim (warstwa ścierna 1½—2 cm).

NAWIERZCHNIE ASFALTOWE.

Z nawierzchni asfaltowych stosowanych obecnie należy wymienić następujące rodzaje:

- 1) Asfaltowanie powierzchniowe, czyli t. zw. pokrowiec asfaltowy.
- 2) Makadam asfaltowy oraz dywaniki asfaltowe, asfaltowanie wgłębne i półwgłębne.
- 3) Beton asfaltowy.
- 4) Asfalt piaskowy.
- 5) Asfalt lany

Wszelkie roboty asfaltowe winny być wykonywane przy użyciu materiałów mineralnych o własnościach zbadanych laboratoryjnie przez Drogowy Instytut Badawczy przy Politechnice Warszawskiej. Odnosi się to w szczególności do grysów, które mogą wywierać wpływ emulgujący na asfalt: wzgl. smołę.

Asfaltowanie powierzchniowe.

Asfaltowanie powierzchniowe znajduje szerokie zastosowanie przy konserwacji różnych typów nawierzchni bitumicznych, do nadania im szorstkości oraz do przystosowania nawierzchni tłuczniowej do ruchu mechanicznego. Do tej ostatniej można stosować ekonomicznie asfaltowanie powierzchniowe tylko w tym wypadku, o ile nie jest ona obciążona zbyt ciężkim ruchem i posiada przewagę ruchu mechanicznego nad konnym.

Do asfaltowania używa się zarówno asfaltów jak również i emulsji asfaltowych.

Asfaltowanie na gorąco.

Nawierzchnia podlegająca asfaltowaniu, musi być dobrze odwodniona, pozbawiona wyboi, zupełnie sucha i dokładnie oczyszczona z kurzu i stwardniałego błota. Oczyszczone muszą być nie tylko czoła poszczególnych ziarn tłucznia, lecz również i spoiny pomiędzy nimi i to na głębokość możliwie dużą, jaką da się osiągnąć, bez rozluźniania spoiwości tłuczniówki. Do tego celu służą szczotki stalowe, z piasawy oraz włosiowe. Czyszczenie winno być przeprowadzone najpierw szczotkami stalowymi, następnie szczotkami z piassawy oraz włosiowymi. Dokładne oczyszczenie może być jednak osiągnięte tylko przy użyciu sprężonego powietrza, co wymaga posiadania odpowiedniego niskoprężnego kompresora lub dwuchawy zbudowanej na zasadzie wentylatora. Jeszcze lepsze rezultaty daje oczyszczenie przy pomocy strumienia wody pod ciśnieniem. Sposób ten wymaga z jednej strony posiadania na budowie wodociągu, lub beczkowsów z pompą mechaniczną, oraz odpowiedniego czasu, potrzebnego na gruntowne wyschnięcie nawierzchni, jeżeli stosowane jest asfaltowanie na gorąco.

Na tak przygotowaną nawierzchnię rozpryskuje się gorący asfalt o temperaturze 160° C. Stosuje się do tego celu asfalty o penetracji 180—200° Pen. Do podgrzewania asfaltu służą kotły przewoźne, które, zależnie od wielkości robót, posiadają pojemność od 500 l. do 1.500 l. Każdy kocioł należy obowiązkowo zaopatrzyć w termometr, ponieważ przegrzanie asfaltu niszczy jego ciągliwość. Dla zapewnienia ciągliwości pracy należy użyć conajmniej trzech kotłów do

podgrzewania, z których jeden jest opróżniany, drugi podgrzewany, trzeci napełniany.

Do rozpryskiwania asfaltu służy przewoźny kocioł zaopatrzony w pompę oraz podgrzewacz, zapobiegający stygnięciu asfaltu. Do mniejszych robót używa się pompy, którą tłoczy bezpośrednio asfalt w stanie płynnym do dyszy rozpryskującej. Pompy te są jednak dość kapryśne w użyciu. Przy większych robotach dla oszczędności czasu stosuje się pompy powietrzne, które tłoczą powietrze do hermetycznie zamkniętego kotła, napełnionego gorącym asfaltem. Asfalt pod ciśnieniem dostaje się do dysz, skąd rozpylany spada na jezdnię.

Przy bardzo małych robotach, np. przy naprawach stosuje się czasem jeszcze rozprowadzanie asfaltu na jezdni szczotkami. Sposób ten jest jednak bardzo mało wydajny i nie pozwala na b. cienkie rozprowadzenie asfaltu.

Rozpryskiwanie asfaltu powinno następować warstwą jaknajcieńszą, z tym jednak, żeby cała nawierzchnia była dokładnie pokryta cieniutką powłoką asfaltową. Pozostawienie miejsc nie pokrytych asfaltem jest niedopuszczalne. O ile asfalt nie rozkłada się równą warstwą, lecz ma tendencję do zbijania się w małe kuleczki, a do pokrywania jedностajnego zdolny jest tylko przy nadmiarze materiału, jest to dowodem, że nawierzchnia nie została dostatecznie oczyszczona z kurzu. Nadmiar asfaltu jest szkodliwy, ponieważ wywołuje fale na pokrowcu i powoduje szybkie jego zniszczenie.

Rozchód asfaltu zależy od głębokości por w nawierzchni waha się od 0,8 kg do 2 kg na 1 m² nawierzchni. Mniejsze ilości odnoszą się do nawierzchni poprzednio bitumowanych. Większe do tych, które pierwszy raz są asfaltowane.

Natychmiast po rozlaniu asfaltu należy go przykryć cienko grysem z twardego kamienia o uziarnieniu 5 — 15 mm. Grys ten winien być suchy i pozbawiony kurzu oraz mialu. Wilgoć bowiem oraz drobne cząsteczki mialu i kurzu nie pozwalają na dokładne przyklepienie się grysu do asfaltu i powodują porywanie go przez ruch. Tak samo działa zbyt późne rozsypywanie grysu po ostygnięciu asfaltu.

Rozsypywanie grysu powinno być powierzane wyrobionym robotnikom, którzy potrafią rozsypać grys jednym rzutem odpowiednio równą warstwą. W razie braku wykwalifikowanych robotników można sobie radzić rozgarniając dodatkowo rozsypany grys szczotkami.

Rozchód grysu o uziarnieniu 5 — 15 mm, zależnie od głębokości por w nawierzchni, waha się od 10 kg. do 25 kg. na 1 m². Grys powinien być przywałowany lekkim walcem (4—6 t.).

Po zajeźdzeniu nawierzchni należy nadmiar grysu luźnego zmieść. Nadmiar ten niszczy bowiem nawierzchnię kształt szmergla.

Rozchód materiałów.

	Ilość asfaltu w kg/m ²	Uziarnienie grysu m/m	Ilość grysu w kg/m ²
Pierwsze asfaltowanie	1.5—2.0	5—15	15—25
Drugie asfaltowanie lub asfaltowanie nawierzchni bitu- micznej	0.8—1.2	5—10	10—15

Asfaltowanie na zimno.

Pokrowiec asfaltowy przy pomocy emulsji asfaltowej wykonuje się w sposób analogiczny, używając, zamiast asfaltu na gorąco, emulsji asfaltowej na zimno.

Czyszczenie nawierzchni musi być wykonane równie skrupulatnie, jak przy gorącym sposobie. Różnica polega jedynie na tym, że nawierzchnia przed polaniem emulsją, może być wilgotna, co nawet wpływa dodatnio na przenikanie emulsji w głąb nawierzchni. Emulsję można nalewać ręcznie przy pomocy konewek ze specjalnymi nasadkami wylotowymi, lub przy pomocy tych samych rozlewaczek mechanicznych, jak i asfalt na gorąco.

Rozchód emulsji zależnie od głębokości por w nawierzchni waha się od 1,5 kg. do 2,5 kg. na 1 m² na-

wierzchni. Rozchód grysu jest mniejwięcej ten sam, jak i przy użyciu asfaltu na gorąco.

Rozsypany grys wałuje się lekkim walcem (4—6 t.).

O ile spodziewany jest silniejszy ruch, pożądane jest wykonanie podwójnego pokrowca. Drugi pokrowiec można wykonać zaraz po pierwszym, albo po zajeźdzeniu się pierwszego pokrowca. Zużycie asfaltu na gorąco, lub emulsji jest nieco mniejsze niż przy pierwszym pokrowcu, zaleca się również użycie drobniejszego grysu np. 5—10 mm. lub 3—8 mm.

Rozchód materiałów.

	Ilość emulsji w kg/m ²	Uziarnienie grysu m/m	Ilość grysu w kg/m ²
Pierwsze asfaltowa- nie	1,5—2,5	5—15	10—15
Drugie asfaltowanie lub asfaltowanie nawierzchni bitu- micznej	1,0—1,5	3—8	8—12

Wzmocniony pokrowiec.

Zamiast podwójnego pokrowca który zawiera zwykle pewien nadmiar asfaltu i ma skłonności do tworzenia fal, lepiej jest wykonać t. zw. wzmocniony pokrowiec, który wad tych nie posiada.

Wykonanie tego pokrowca polega na tym, że powierzchnię istniejącej tłuczniówki powleka się cienko emulsją przy użyciu 0,8—1,0 kg./m². Warstewka ta ma za zadanie uszczelnienie nawierzchni od wpływów wody powierzchniowej. Zamiast zwykłego grysu używa się do przykrycia emulsji grysu bitumowanego. Najczęściej stosuje się tu grysu o uziarnieniu 5 — 15 mm. w ilości 20 — 28 kg./m². Grys ten poprzednio został otoczony emulsją asfaltową w ilości 10—12% emulsji wagowo. To znaczy, że na 1 t. grysu użyjemy tu 100—120 kg. emulsji. Ilość emulsji

powinna być możliwie najmniejsza, lecz jednocześnie wystarczająca do dokładnego otoczenia ziarn grysu. Otaczania grysu emulsją można dokonywać ręcznie w skrzyui przy użyciu łopat, lecz znacznie lepiej, zwłaszcza przy większych robotach, użyć do tego celu betoniarki przewożnej. Betoniarkę od czasu do czasu trzeba przepłukiwać wodą, by usunąć osad z emulsji, który gromadzi się na jej ściankach. Dla łatwiejszego dokonania tej pracy dobrze jest wsypać do wody nieco ostrograniastego tłucznia. O ile i to nie pomaga trzeba przemyć betoniarkę benzyną, lub benzolem (ostrożnie z ogniem!). O ileby normalna emulsja po zetknięciu się z grysem zbyt szybko wiązała, co utrudniałoby wbudowanie grysu, należy zażądać z fabryki emulsji wolniej wiążącej. Po rozsypaniu grysu cienką i równą warstwą należy przejechać po nim raz lekkim walcem. Dokładne dowalowanie powinno być dokonane po rozpoczęciu wiązania emulsji. Na zakończenie należy pokryć pokrowiec grysikiem o uziarnieniu 1 — 3 mm, lub czystym podzwirkiem pozbawionym pyłu i gliny.

Zamiast grysu otoczonego emulsją asfaltową można użyć również grysu otoczonego smołą, lub asfaltem upłynionym.

Rozchód materiałów.

Emulsja do zalewu kg/m ²	Emulsja do otoczenia grysu kg/m ²	Grys bitumowany o uziarn. 5—15 m/m kg/m ²	Grysik surowy o uziarnieniu 1—3 m/m kg/m ²
0.8—1.0	2.0—3.0	20—28	8—10

Wzmocniony pokrowiec może być wykonany jeszcze i w inny sposób. Zamiast samego grysu otoczonego emulsją, można użyć mieszanki złożonej z 60 — 70% wagowo grysu 5 — 15 mm, oraz 30 — 40% wagowo mialu otrzymanego przy mechanicznym tłuczeniu. Uziarnienie mialu winno wynosić 0 — 3 mm. Grys i mial mieszany mechanicznie z emulsją wolnowiązącą w ilości 12 — 16% wagowo. Dalszy postęp robót jak poprzednio.

Rozchód materiałów.

Emulsja do zalewu kg/m ²	Emulsja do otaczania grys i młatu kg/m ³	Grys bitumowany 5—15 m/m kg/m ³	Grysiak surowy 1—3 m/m. kg/m ²	Miał bitumowany 0—3 m/m kg/m ³
0.8—1.0	2.0—3.3	12.0—19.0	8.0—10.0	8.0—9.0

Zastosowanie emulsji do celów specjalnych.

Emulsja asfaltowa może mieć jeszcze kilka innych zastosowań:

- 1) dla nadania szorstkości śliskim nawierzchniom,
- 2) dla uszczelnienia bruków,
- 3) dla związania kurzu,
- 4) dla stabilizacji gruntów.

1) Celem nadania większej szorstkości nawierzchniom bitumicznym, które zostały zanadto wypolerowane przez ruch, układa się na nich pokrowce z grysiku. Jako lepszczcze coraz częściej używa się emulsji. Stośowanie lepszczza asfaltowego na gorąco jest dosyć uciążliwe, ponieważ wymaga bardzo dokładnego czyszczenia nawierzchni z olejstych części. Pomimo to pokrowce wykonane w ten sposób bardzo często ulegają oddzielaniu od nawierzchni. Znacznie lepsze wyniki otrzymuje się przy zastosowaniu emulsji wolnowiązającej.

Postęp robót jest następujący: Nawierzchnię, którą chcemy uczynić bardziej szorstką, myjemy strumieniem wody, pomagając sobie przytym szczotkami z piassawy. Po usunięciu resztek wody, przy pomocy gumowych, zgarniaczy, rozlewamy emulsję asfaltową wolnowiązającą w ilości 1 — 1,5 kg./m², którą poprzednio rozcieńczyliśmy 30% wody (liczy się waga gotowej mieszanki). Emulsję wcieramy szczotkami z piassawy zlekka w nawierzchnię, celem uzyskania lepszego związania. Wcierania tego nie należy robić zbyt długo, lub zbyt gwałtownie, albowiem mogłoby to spowodować rozpad emulsji. Następnie pokrywamy całość

grysiem o uziarnieniu 3 — 5 mm, lub 3 — 8 mm. i wałujemy lekkim walcem. Ruch może być puszczony dopiero po zupełnym związaniu emulsji.

Rozchód materiałów.

Emulsja kg/m ²	Grysik 3—5 m/m lub 3—8 m/m kg/m ²
1.0—1.5	8—12

2) Dla uszczelnienia bruków z kostki, które z tych, lub innych przyczyn utraciły wypełnienie szczelin, należy oczyścić spoiny w bruku na głębokości około 3 cm. przy pomocy strumienia wody, lub sprężonego powietrza. Pomagać sobie trzeba przytym małymi haczykami z drutu, którymi wyskrobuje się resztki błota, tkwiące zbyt uporczywie w spoinach.

Po przeschnięciu bruku, gdy spoiny są jeszcze nieco wilgotne, rozsypujemy grys o uziarnieniu 1—3 m/m, lub 3—5 m/m zależnie od wielkości spoin. Gryś rozgarniamy szczotkami dla osiągnięcia dokładnego wypełnienia spoin. Następnie rozlewamy emulsję konewką, zaopatrzoną w specjalną nasadkę, lub, co daje lepsze rezultaty, przy pomocy rozpryskiwacza. Emulsja wypełnia spoiny, przenikając gryś. Celem lepszego wypełnienia spoin rozgarniamy emulsję szczotkami. Następnie posypujemy całą powierzchnię cienko grysiem i wałujemy lekkim walcem. Wałowania nie należy przedłużać zbyt długo by nie rozgniatać niepotrzebnie grysu.

Można wypełnianie spoin grysem wykonywać również i w inny sposób. Po oczyszczeniu spoin w bruku, mieszamy gryś z emulsją w skrzyni (podobnej do gaszenia wapnu); poczym rozsypujemy gryś otoczony emulsją na jezdni. Celem lepszego wypełnienia spoin, rozgarniamy gryś szczotkami, wciskając go do spoin.

Rozchód materiałów.

Emulsja kg/m ²	Grysik 1—3 m/m lub 3—5 m/m kg/m ²
2,5—3,5	10—18

3) Jednym z głównych warunków, które powinny być dotrzymane przy budowie nawierzchni bitumicznych, jest dobre związanie nawierzchni z fundamentem. Zarówno przy fundamencie betonowym, jak i tłuczniowym warunek ten w normalnych okolicznościach jest trudny do osiągnięcia, albowiem beton często jest zbyt śliski, a nawierzchnia tłuczniowa — trudna do oczyszczenia z pyłu. Rezultatem jest tworzenie się fal, którym podlegają głównie nawierzchnie o niewielkiej grubości. Zjawiskiem, które występuje jednocześnie z falami, jest tworzenie się drobnych pęknięć w nawierzchni, do których wciska się od spodu, glina, stanowiąca zwykle znaczny odsetek piasku, który był użyty przy wałowaniu tłucznia, od góry zaś — błoto. Działanie obydwu tych czynników odbija się zgubnie na trwałości nawierzchni:

Dobre związanie nawierzchni z fundamentem pozwala ponadto na lepsze rozkładanie ciężaru pojazdów na grunt, albowiem nawierzchnia i fundament działają wtedy jako jednolita płyta

Aby uniknąć ślizgania się nawierzchni po betonie, oraz by zapobiec izolującemu działaniu pyłu pomiędzy nawierzchnią i tłuczniówką stosuje się powlekanie gotowej podbudowy cieniutką warstwą emulsji W tym celu rozlewa się 0,5—1 kg/m² emulsji wolnowiążącej, którą poprzednio rozcieńczono równą ilością wody. Emulsję wciera się szczotkami z piassawy. W ten sposób uzyskuje się nie tylko lepką warstwę, do której dobrze przystaje nawierzchnia, lecz wiąże się jednocześnie cały pył, pozostały po oczyszczeniu. Pył ten nie może już tworzyć izolacji pomiędzy nawierzchnią i fundamentem. Jest rzeczą oczywistą, że ukła-

danie nawierzchni może nastąpić dopiero po gruntownym wyparowaniu wody z emulsji.

Rozchód materiałów.

Emulsja kg/m ²	Woda l
0.5—1.0	0.5—1.0

4) Stabilizacja gruntów ma zastosowanie przy utrwala-
niu powierzchni gruntu przeznaczonego dla lekkiego ruchu,
jak np. ścieżek kolarskich, chodników, boisk i t. p.

Stabilizacja gruntu udaje się tylko wtedy, gdy grunt
nie zawiera więcej niż 8% gliny. Bieg robót jest następu-
jący:

Grunt przeznaczony do stabilizacji zrywa się na głębo-
kość około 5 cm. i przesiewa przez sita, celem oddzielenia
twardych bryłek, najczęściej gliniastych, oraz kamieni.
O ile grunt składa się z piasku rzecznoego, którego ziarna
są zaokrąglone, należy dodać pewną ilość mialu kamienne-
go o uziarnieniu 0—5 m/m. Grunt następnie kieruje się do
mieszarki, gdzie zostaje wymieszany z pewną ilością wody
oraz z emulsją asfaltową wolnowiążącą. Ilość emulsji zosta-
je tak dobrana, by gotowa mieszanka, po wyschnięciu, za-
wierała około 7% wagowo asfaltu. Ilość wody zależy od
wilgotności gruntu i powinna zapewniać gotowej mieszance
pewną plastyczność.

Mieszanka zostaje równomiernie ułożona na miejscu
przeznaczenia, warstwą równomiernej grubości wyrównaną
do profilu i po związaniu emulsji, oraz po wyparowaniu
nadmiaru wody, uwałowana lekkim walcem. Pożądane jest,
aby w chwili zawałowania mieszanka nie zawierała więcej
jak 5—7% wagowo wilgoci.

O ile stabilizacja gruntu robiona jest na większą ska-
łę wymagane są odpowiednie maszyny i bardzo skrupulat-
ne badania gruntu zawartości gliny wilgotności i uziarnie-
nia. Od badań tych zależy bowiem ilość emulsji potrzeb-

nej do uzyskania największej wytrzymałości. Z uwagi na koszt emulsji badania te sówicie się opłacają.

W mieszance z emulsją można zastąpić grunt mieszaną miału kamiennego z grysem o uziarnieniu 0—5 m/m lub o 0—8 m/m. Miał kamienny nie powinien zawierać ponad 20% mączki kamiennej i conajmniej 25% ziarna większego od 2 m/m.

MAKADAM ASFALTOWY.

Makadam asfaltowy jest nawierzchnią jak sama nazwa wskazuje, która zbudowana jest na zasadzie makadamowej, na wzór zwykłych tłuczniówek. Różnica polega na tym, że zbudowana jest w kilku warstwach, które różnią się pomiędzy sobą uziarnieniem: dolna warstwa ma ziarno największe, górna — najmniejsze. Ziarna tłucznia otoczone są asfaltem na gorąco w mieszarkach mechanicznych. Układanie nawierzchni odbywa się na gorąco, o ile był użyty zwykły asfalt, lub na zimno, o ile zastosowano asfalt upłynniony, albo asfalt parafinowy.

Nawierzchnia ta zawiera w początkowym swym stadium dużą ilość próżni, które zapełniają się z czasem w miarę komprymowania przez ruch. Przy sprzyjających warunkach nawierzchnia może nawet dojść do minimalnej ilości próżni. Dzieje się to wtedy, gdy ruch powoli doprowadza do popękania pewnej ilości ziarn, które zapełniają próżnię, tworząc z czasem coś w rodzaju betonu asfaltowego. Proces ten jednak nie zawsze zachodzi tak pomyślnie może bowiem doprowadzić również i do zniszczenia nawierzchni. Zależy to głównie od stosunku pomiędzy rodzajem ruchu oraz rodzajem użytego materiału i to zarówno kamiennego, jak i bitumicznego. Zresztą proces ten przebiega również i w pokrowcach bitumicznych. Po zbadaniu uziarnienia pokrowców, które trzymały się dobrze przez dłuższy czas, okazało się, że i one z biegiem czasu zamieniły się na cieniutkie asfalto-betony, chociaż pierwotnie były budowane nie w/g zasady minimum próżni. Nawierzchnia o dużej ilości próżni, która z czasem nie osiągnie podobnego przeobrażenia pod ruchem, zwykle w niedługim czasie ulega zniszczeniu. Tym tłumaczy się potrzeba dodania niektórym na-

wierzchniom pewnego nadmiaru lepiszcza oraz stosowania lepiszcz miększych, niż dawniej. Lepiszczce to w mieszankach „otwartych” t. zn. nie budowanych w/g minimum próżni, normalnie powinno tylko powlekać ziarna kruszywa cienką warstwą, by zapewnić pewne sklejanie ziarn i nie pozwolić na przyciąganie wody (hydrophilia). W miarę pękania ziarn i przesuwania się ich pod ruchem musi nastąpić jednak pokrycie nowopowstałych powierzchni przełamów lepiszczem. Do tego celu służy pewien nadmiar lepiszcza. Jest rzeczą oczywistą że lepiszczce miększe spełnia to zadanie lepiej od twardego.

Z uwagi na powyższe właściwości makadam asfaltowy, który dawniej cieszył się dosyć dużą popularnością, stopniowo tracił zakres stosowalności. Zmieniła się również i jego budowa. Dawniej bowiem, chcąc zadośćuczynić wymaganiom ruchu, budowano go w dosyć grubych warstwach, niekiedy w 3 i 4 warstwach o łącznej grubości 7—10 cm. Uziarnienie poszczególnych warstw wynosi dla przykładu 25—50 mm., 15—25 mm., 5—15 mm., 3—5 mm. Górna warstwa o uziarnieniu 3—5 mm. była właściwie niczym innym, jak pokrowcem, który miał za zadanie już tylko uszczelnić całość przed przenikaniem wody z góry, do czasu uszczelnienia nawierzchni pod ruchem. Ponieważ idealny wypadek całkowitego uszczelnienia nawierzchni przez ruch aż do stanu minimum próżni zathodził rzadko, trzeba było pokrowiec ten co pewien czas odnawiać.

DYWANIKI ASFALTOWE.

Obecnie buduje się makadam asfaltowy o znacznie mniejszej grubości nakrywając go z góry warstwą 20—25 m/m o uziarnieniu 0—5 m/m. Warstewka ta jest dobrana na minimum próżni i służy nietylko do uszczelniania nawierzchni w pierwszym okresie jej istnienia lecz również zapelnia nieszczelności które okazują się w czasie późniejszym pod wpływem poruszania się ziarn głębszych warstw na skutek ruchu. W ten sposób makadam asfaltowy stał się prototypem nawierzchni, które dziś noszą nazwę „dywaników”.

Dywaniki asfaltowe układane są dziś przeważnie na gorąco, choć nie brak również i wypadków układania ich

na zimno. Układanie ich odbywa się najczęściej w dwóch warstwach, przy czym dolna warstwa składa się z grysu o uziarnieniu 5—25 m/m. Grubość jej wynosi około 30 m/m (wagi 60 kg/m²). Górna warstwa o uziarnieniu 0—5 m/m. ma zwykle grubość od 20 do 25 m/m. (wagi 40—50 kg/m²) i składa się z grysu, mialu kamiennego, lub piasku, mączki kamiennej i asfaltu. Górna warstwa winna być dobrana na minimum próżni. Grubość poszczególnych warstw waha się oczywiście w zależności od charakteru ruchu oraz warunków związanych z podbudową.

Z powyższego widać że grube i dosyć rozrzutnie budowane makadamy asfaltowe ustąpiły miejsca stosunkowo cienkim i oszczędnym dywanikom, bez uszczerbku dla jakości nawierzchni. Warunkiem koniecznym osiągnięcia dobrych rezultatów jest w naszych warunkach niezbyt ciężki ruch, nie przekraczający 250 ton/dobę na 1 m. szerokości jezdni, przy czym przynajmniej połowa ruchu winna posiadać trakcję mechaniczną. Jest rzeczą oczywistą, że przy tak małej grubości nawierzchni wymaga ona dobrze odwodnionego i statecznego fundamentu, z którym winna być należycie związana, dla uniknięcia poślizgu (patrz „Zastosowanie emulsji do celów specjalnych“).

Projekt norm dla budowy dywaników z gryśów bitumowych, opracowany przez Drogowy Instytut Badawczy brzmi następująco:

GRYSY BITUMOWANE.

1. Definicja.

Grysy bitumowane są masą przygotowaną na gorąco, układaną i walcowaną na zimno, składającą się z agregatu mineralnego o określonej wielkości ziaren otoczonych bitumem.

2. Zastosowanie w budownictwie drogowym.

Grysy bitumowane stosuje się do budowy średnich typów nawierzchni bitumicznych noszących nazwę nawierzchni dywanikowych (dywaników), oraz do budowy ciężkich typów nawierzchni bitumicznych.

3. Składniki masy i ich własności.

Ze względu na rodzaj bitumu użytego do otaczania różniamy:

- a) Grysy smołowane,
- b) Grysy asfaltowane.

Do produkcji grysów smołowanych znajdują zastosowanie smoły drogowe.

Grysy asfaltowane mogą być produkowane przy użyciu asfaltów uylynnionych lub asfaltów z ropy typu borysławskiego.

Ze względu na rodzaj uziarnienia rozróżniamy:

Rodzaj gysu bitumowanego		Uziarnienie agregatu miralnego
Grys bit. drobny	Masa Nr. 1	0— $\frac{3}{5}$ m/m
Grys bit. średni	„ Nr. 2	$\frac{3}{5}$ — $\frac{15}{16}$ „
Grys bit. gruby	„ Nr. 3	$\frac{15}{16}$ — $\frac{25}{30}$ „
Tłuczeń bitumowany	„ Nr. 4	$\frac{25}{30}$ — $\frac{40}{60}$ „

4. Własności masy.

a) Agregat mineralny.

Grys bitumowany drobny (Masa Nr. 1) ma szczególne znaczenie stanowi bowiem warstwę bezpośrednią narażoną na działanie ruchu i zabezpieczającą powierzchnię dywanikową od przedostawania się wody.

Agregat mineralny składa się z mialu kamiennego o uziarnieniu 0— $\frac{3}{5}$ m/m. oraz wypełniacza.

Miał kamienny winien pochodzić z materiałów kamiennych odznaczających się wysokimi cechami wytrzymałościowymi, zwartością, świeżością oraz drobnoziarnistą budową. Dopuszczalne jest stosowanie mialu pochodzącego z żużla wielkopiecowego. Miał nie powinien zawierać części organicznych, zanieczyszczeń pyłowych (gliny, mułu, ilu) oraz zwierzęcych ziaren mineralnych. Nie powinien wykazywać zdolności emulgujących w stosunku do bitumu.

Doboru uziarnienia dokonywać należy na podstawie uprzednich badań laboratoryjnych z uwzględnieniem „minimum próżni“.

Jako wypełniacz może być stosowana mączka z tegoż materiału co i miał kamienny względnie mączka wapienna pochodząca ze zmielenia zwartych wapieni.

Wypełniacz powinien posiadać następujące własności: przez sito 200 (0,074 mm.) winno przechodzić powyżej 80% ziaren;

przez sito 60 (0,250 mm) winno przechodzić 100% ziaren; na sicie 80 (0,177 mm.) nie powinno pozostawać więcej niż 5% ziaren.

Współczynnik emulgacji „e” nie wyższy od 0,38.

Grys bitumowany średni, gruby i tłuczeń bitumowany (masa Nr. 2, 3 i 4).

Agregat mineralny składa się z grysiku, grysu granulowanego względnie tłuczni o następującym uziarnieniu:

Grys bit. średni (Masa Nr. 2) 3/5—15/16 mm.

Grys bit. gruby (Masa Nr. 3) 15/16—25/30 mm.

Tłuczeń bit. (Masa Nr. 4) 25/30—40/60 mm.

Agregat mineralny winien się odznaczać czystością, brakiem ziaren zwietrzałych i domieszek gliniastych oraz graniastym kształtem ziaren.

Zawartość ziaren blaszkowych oraz zanieczyszczeń.

F r a k c j a	Dopuszczalna zawartość ziaren blaszkowych i igielkowych w %	Dop. zaw. ziaren zwietrz. nadwletrz. o struk. gruboz, wraz z zaniecz. pyłowymi w %
5—15/16 mm	nie więcej 35%	nie więcej 3%
powyżej 15/16 mm	nie więcej 35%	nie więcej 4%

Uwaga: Do ziaren blaszkowych i igielkowych należy zaliczać ziarna w których stosunek przeciętnego największego wymiaru (l) do przeciętnego najmniejszego (h) przekracza 3.

Do produkcji agregatu mineralnego mogą być stosowane materiały kamienne pochodzenia wybuchowego i metamorficznego o wielkości ziarn do 3 mm. (budowa drobno-

ziarnista) oraz osadowe o wielkości ziarn do 1.25 mm (budowa średnioziarnista).

Materiał kamienny powinien odznaczać się dobrymi cechami wytrzymałościowymi zwartością oraz świeżością. Dopuszczalne jest stosowanie kamienia narzutowego po uprzedniej segregacji i odrzuceniu głazów zwiędzłych, nadwietrzalnych o budowie gruboziarnistej. Z materiałów kamiennych sztucznych jest stosowany żużel wielkopieczowy:

b) Bitum.

Do produkcji grysów smołowanych stosowane są smoły drogowe.

Do otaczania grysów grubszych (masa Nr. 4, 3 i 2) stosuje się smołę zwykłą S. II (wglębną) o wiskozie 60—100 sek. wg. B. T. A. w 30°.

Do otaczania mialu (masa Nr. 1) — smołę stabilizowaną (S. S. II) o wiskozie 60—120 sek. wg. B. T. A. w 30° zawierającą około 20% asfaltu.

Do produkcji grysów asfaltowych stosowany być może asfalt z ropy typu borysławskiego.

Asfalt upłynniony może zawierać najwyżej 20% olejów upłynnionych i posiadać wiskozę powyżej 80 sek. wg. B. T. A. w 30°.

Właściwości użytego asfaltu winny być uzgodnione z dostawcą.

5. Przygotowanie masy.

Grys bitumowany drobny (Masa Nr. 1).

Skład masy wagowo	Grys smołowany smoła stabilizowana	Grysy asfaltowe	
		asfalt upłynniony	asfalt typu borysławskiego
Zawartość bitumu wagowo	5,5—9,0%	5—11%	7—11%
Zawartość agregatu mineralnego . . .	94,5—91,0%	95—89%	93—89%

Uziarnienie agregatu mineralnego powinno być tak dobrane aby zawartość próżni oznaczona na podstawie wzoru

$$p = \frac{C_v - C_o}{C_v} \cdot 100$$

była mniejsza od 24% a ciężar objętościowy agregatu mineralnego był co najmniej równy 2.

C_v — ciężar właściwy agregatu mineralnego

C_o — ciężar objętościowy agregatu mineralnego

Zawartość frakcji przechodzącej przez sito Nr. 200 (0,074 mm.) winna wynosić powyżej 15%.

Grys bitumowany średni, gruby i tłuczeń bitumowany (masa Nr. 2, 3 i 4)

Skład masy wagowo	Grys smołowany smoła	Grysy asfaltowane	
		asfalt upłynniony	asfalt typu boryslawskiego
Zawartość bitumu wanny			
M i Nr 2	1,5—3,5%	1,5—3%	2,5—5%
Masa Nr 3	1—2,5%	1,0—2,0%	1,5—3,5%
Tłuczeń bitumowany (Nr 4)	1—2%	0,8—2,0%	1,0—3,0%

Zawartość bitumu (smoły lub asfaltu) winna być fak dobrana aby masa nie skawalała się podczas transportu. Grys bitumowany używany na miejscu budowy powinien łatwo dawać się rozprowadzać do profilu i komprymować się pod walcem.

Agregat mineralny stanowią grysy granulowane lub tłuczeń o własnościach jak wyżej.

6. Przewpżenie masy.

Przygotowanie masy polega na:

a) podgrzaniu agregatu mineralnego w suszarni bębnowej.

b) otoczeniu w mieszarce gorącym bitumem.

Temperatura agregatu mineralnego zasypywanego do mieszarki powinna wynosić:

a) przy użyciu do otaczania smoły 80—110°

b) przy użyciu do otaczania asfaltu 80—130°

Temperatura smoły dodawanej do mieszarki nie wyżej — 110°.

Temperatura asfaltu dodawanego do mieszarki nie wyżej — 150°.

Przy produkcji masy Nr. 1 dodawanie wypełniacza, o ile zachodzi tego potrzeba, należy uskuteczniać wprost do mialu gorącego w mieszarce przed dodaniem bitumu.

Grysy bitumowane otaczane smołą mogą być wprost z mieszarki (gorące) odwołane na skład lub ładowane na wagon bez obawy skawalania się.

Grysy otaczane asfaltem (typu borysławskiego) lub asfaltem upłynnionym, po wysypaniu z mieszarki schładza się przerzucając aż do osiągnięcia temperatury poniżej 80°, po czym można je magazynować lub ładować na wagony.

Magazynowanie grysów smołowanych nie powinno trwać dłużej niż 6—8 tygodni, grysów asfaltowych nie dłużej niż 6 miesięcy.

Grysy powinny być magazynowane w stosach.

7. Układanie nawierzchni.

Powinno się odbywać w dnie pogodne bezdeszczowe, w czasie od maja do połowy września, aby umożliwić należyte komprymowanie pod ruchem. W razie nagłego deszczu materiał przeznaczony do ułożenia musi być przed użyciem przesuszony.

Nawierzchnie dywanikowe z grysów smołowych lub otaczanych asfaltem upłynnionym układane są zazwyczaj w 3 lub 4 warstwach o grubości około 5 lub 6 cm., z grysów otaczanych asfaltem z ropy typu borysławskiego — zazwyczaj w dwóch warstwach.

Jako podłoże nawierzchni dywanikowej służy uprzednio zajeżdżona nawierzchnia tłuczniowa. Jako pogrubienie starej nawierzchni tłuczniowej może być stosowany tłuczeń bitumowany (Masa Nr 4).

Przed przystąpieniem do rozkładania masy, nawierzchnię tłuczniową należy dokładnie oczyścić w celu uzyskania

szorstkiej powierzchni i spryskiwać smołą (S. II), w wypadku układania grysów smołowanych lub asfaltem (o penetracji 85/100) w wypadku układania grysów asfaltowych, ilość smoły 0,5—0,8 kg/m², ilość asfaltu 0,6—0,9 kg/m².

Na tak przygotowane podłoże rozkłada się masę Nr. 3 przy trzywarstwowym dywaniku (przeważnie smołowym) lub masę Nr. 2 przy dwuwarstwowym (dywaniki asfaltowe) i zawalcuje walcem do 6 t. W ten sposób postępuje się dalej rozkładając i zawalcowując kolejno masę o coraz drobniejszym ziarnie aż do Nr. 1 włącznie.

Po ostatecznym zawalcowaniu warstwy górnej ciężkim walcem (6—10 ton) (Masa Nr. 1) dywanika z grysów smołowanych smołuje się go powierzchniowo używając 0,5—0,8 kg/m² i posypuje grubym piaskiem. Po zawalcowaniu warstwy górnej dywanika z grysów asfaltowych posypuje się go mączką wapienną w celu zamknięcia por nawierzchni. Tak wykonaną nawierzchnię należy oddać do ruchu.

W celu otrzymania dywanika o grubości 4,5—5 cm. po skomprimowaniu orietnacyjna ilość potrzebnej masy wyniesie:

	Dywaniki trzywarstwowe	Dywaniki dwuwarstwowe
Nr 1	40 kg/m ²	50 kg/m ²
Nr 2	30 kg/m ²	60 kg/m ²
Nr 3	40 kg/m ²	

ASFALTOWANIE WGLĘBNE I POŁWGLĘBNE.

Asfaltowanie na gorąco.

Drugą nawierzchnią, która również utraciła dużo na swej popularności, jest asfaltowanie wgłębnne. Polegało ono na ułożeniu na odpowiednim fundamencie warstwy tłuczni o grubości łącznej 5—7 cm. nasyconej asfaltem na gorąco. Bieg robót był następujący.

Na wyprofilowanym fundamencie rozsypano warstwę tłuczni o wielkości ziarn 25—50 m/m na grubość jednego kamienia. Tłuczeń ten przywałowano lekko walcem by go nieco ułożyć, po czym rozlewano przy pomocy konewek, lub rozlewaczek mechanicznych asfalt o penetracji 80—100° Pen., lub 180—200° Pen. w ilości 1,6 kg/m². Asfalt nakrywano natychmiast cienką warstwą grysu o uziarnieniu 15—25 m/m i wałowano. Następował drugi nalew asfaltu w ilości 1,2 kg/m², który pokrywano ponownie grysem 15—25 m/m i wałowano. Trzeci nalew wynosił tylko 0,8 kg/m² i grys 5—15 m/m. Czwarty nalew był właściwie tylko pokrowcem, pochłaniał jeszcze 0,8 kg/m² asfaltu i grysu o uziarnieniu 5—10 m/m. W rezultacie otrzymywało się nawierzchnię grubości około 50 m/m i zawartości 4,4 kg/m² asfaltu. Skład nawierzchni przytoczono tylko dla przykładu jako charakterystyczny. Grubości jej dochodziły niekiedy do 10 cm przy zawartości do 8 kg. asfaltu.

Jest rzeczą oczywistą, że system ten przy swej prostocie, posiadał i pewne wady. Ziarna tłuczni nie były całkowicie otoczone lepiszczem z powodu wzajemnego stykania się, ilości lepiszcza nie można było dokładnie regulować, ilość ta zwiększała się przy chłodniejszej pogodzie i malała podczas cieplej, ilość lepiszcza nie była równomierna z powodu miejscowego zanieczyszczenia materiałów kamiennych i z powodu niedokładności w rozlewaniu lepiszcza ręcznie, a nawet maszynowo. Ponadto całość robót zależała w bardzo dużym stopniu od stanu pogody. Po deszczu trzeba było bardzo długo czekać na całkowite wyschnięcie materiałów kamiennych. Trwało to tym dłużej im większe były przyzmy w których materiały zmagazynowano i im bardziej porowaty był kamień.

Asfaltowanie na zimno.

Chcąc się uniezależnić od wpływów atmosferycznych, zaczęto stosować zamiast asfaltu na gorąco, emulsji asfaltowych. Sposób ten pozwala na pracę w krótkim czasie po deszczu, kiedy materiał kamienny jest jeszcze wilgotny, co nie jest możliwe przy systemie na gorąco.

Przy zastosowaniu emulsji wytworzyły się dwa rodzaje postępowania: asfaltowanie wgłębne i asfaltowanie pół-

wgłębne. Pierwszy sposób polega na takim zastosowaniu emulsji by przeniknęła ona całą grubość rozsypanego tłucznia, drugi — by głębokość przenikania ograniczyła się do 3—4 cm.



Asfaltowanie wgłębne.

Asfaltowanie wgłębne emulsją asfaltową. Wgłębne asfaltowanie wykonywane jest w sposób następujący: na dobrze wyprofilowanej i odwodnionej starej szosie, której

wszystkie wyboje zostały zalatane, rozsypuje się warstwę czystego tłucznia grubości łącznej w stanie luźnym 8—10 cm. Rozsypywanie odbywa się w dwóch warstwach, na spód sypiemy tłuczeń grubszy, na wierzch drobniejszy. Po rozsypaniu do profilu (wg. szablonu i pod krzyże) wałujemy tłuczeń walcem o wadze 10—12 t. zraszając go wodą, lecz bez użycia klinców. Gdy tłuczeń jest już na tyle uwalowany, że nie tworzy fali przed walcem, rozlewamy równomiernie konewkami, lub przy pomocy rozpryskiwacza 6—8 kg. szybkowiążącej emulsji asfaltowej. Następnie przykrywamy drogę grysem o uziarnieniu 15—25 m/m lecz tylko w takiej ilości, by zapełnić spoiny pomiędzy ziarnami tłucznia. Po przeczekaniu około 2 godzin, aż emulsja dokładnie zwiąże, wałujemy dalej aż do zupełnego zawałowania poprzednio rozsypanego grys.

Na drugi dzień wykonujemy zwykle powierzchniowe asfaltowanie przy użyciu emulsji asfaltowej w ilości 1—1½ kg. i grys o uziarnieniu 5—15 m/m w ilości 15—20 kg/m². W ten sposób nawierzchnia uzyskuje uszczelnienie od wód opadowych i po związaniu emulsji w pokrowcu może być oddana do ruchu.

Jeżeli stara szosa była bardzo zniszczona i posiadała większą ilość wyboi, należy zamiast latania, zerwać tłucznówkę do głębokości wyboi, przesortować stary tłuczeń rozsypać go powtórnie i, dodawszy odpowiednią ilość nowego, wykonać całą robotę jak poprzednio.

Rozchód materiałów.

Tłuczeń kg/m ²	Emulsja do zaelwu wglęb. kg/m ²	Grys 15/25 m/m kg/m ²	Emulsja do pokrowca kg/m ²	Grys do pokrowca kg/m ²
120—140	6.0—8.0	25—30	1.0—1.5	15—20

Asfaltowanie półwglębne emulsją asfaltową. Znacznie oszczędniejsze w użyciu okazało się asfaltowanie półwglębne przy użyciu emulsji asfaltowej. Różni się ono tym od

asfaltowania wglębnego że po uwałowaniu tłucznia rozsy-
pujemy warstwę piasku, wolnego od gliny grubości około
1 cm. i wałujemy tłuczeń ponownie, zlewając jego po-
wierzchnię obficie wodą. Gdy piasek przeniknął wglęb
tłucznia pozostawiając wolne górne części ziaren na głębo-
kości około 3 cm., przerywamy wałowanie. Po wsiąknięciu
wody, gdy tłuczeń jest jeszcze zlekka wilgotny, rozlewamy
emulsję szybkowiązającą w ilości 4—6 kg/m², po czym nakry-
wamy go grysem o uziarnieniu 15—25 m/m. Dalszy bieg
robót jak przy wglębnym asfaltowaniu.

Rozchód materiałów.

Tłuczeń kg/m ²	Piasek m ³	Emulsja do półgłębne- go nalewu kg/m ²	Grys kg/m ²	Emulsja kg/m ²	Grys kg/m ²
120—140	0.01—0.02	4.0—6.0	25—30	1.0—1.5	15—20

Nawierzchnie asfaltowane wglębnie nadają się do ruchu
niezbyt ciężkiego, gdzie niema zbyt wiele ruchu konnego.
Obecnie w związku ze wzrostem ruchu wogóle i ze zwięks-
zeniem się ciężaru jednostkowego ruchu, otwiera się nowa
dziedzina zastosowania dla wglębnego asfaltowania. Służy
ono jako fundament pod dywaniki bitumiczne. Zauważono
bowiem, że grubość dywanika może być mniejsza, gdy pod-
budowa jest odpowiednio wzmocniona i osuszona. Wzmoc-
nienie istniejącej podbudowy na drodze zamiejskiej jest
stosunkowo łatwe przez pogrubienie jej tłuczniem. Znac-
nie trudniej jest przeprowadzić jej osuszenie. Jako jeden
ze sposobów współdziałających z innymi, jak np. drenowa-
nie, jest uzupełnienie tłuczniowej warstwy pogrubiającej
wglębnym nalewem asfaltowym. Okazuje się bowiem, że
tłuczeń powleczony bitumem znacznie słabiej przepuszcza
wodę, posuwającą się z podglebia w górę i wywierającą
złubny wpływ na samą nawierzchnię. Materiał kamienny,
który w stanie nieotoczonym asfaltem posiadał własności
przyciągania wody (hydrophilia) po otoczeniu go wykazuje

własności odpychania wody (hydrophobia). Jest rzeczą oczywistą, że na gruncie przelomistym sposób ten sam nie może zaradzić złu, gdyż nie może zapobiec ruchom gruntu, które niszczą nawierzchnię, rozluźniając zarazem podbudowę, sposób ten do pewnego stopnia odgrywa rolę izolacji pomiędzy nawierzchnią i wilgocią zawartą w gruncie. Prócz tego powoduje on bardzo dobre związanie dywanika z podbudową, co zapobiega tworzeniu się fal. Wgłębne asfaltowanie tłucznia przed układaniem asfaltu ciężkiego typu jest praktykowane na autostradach niemieckich. Ma ono jeszcze i tę zaletę, że nie wymaga zraszania tłucznia podczas wałowania i nie powoduje rozmakania gruntu pod podbudową.

Beton asfaltowy. Nawierzchnia ta, zwana potocznie również asfalto-betonem składa się z mieszaniny grys, piasku, mączki wapiennej i asfaltu. Mieszanina ta jest dobrana w ten sposób, by wszystkie próżnie były zapełnione. Skonstruowanie takiej mieszaniny wymaga bardzo skrupulatnych prac laboratoryjnych. Beton asfaltowy nie ma oczywiście nic wspólnego ze zwykłym betonem cementowym. Jedyne składni mieszanki mineralnej jest zbudowany na pokrewnych zasadach jak w betonie cementowym (minimum próżni). Układanie nawierzchni odbywa się na gorąco przy zastosowaniu zwykłych asfaltów lub na zimno przy użyciu asfaltów upłynnionych.

Blizsze dane o tej nawierzchni zawarte są w projekcie norm opracowanym przez Drogowym Instytut Badawczy.

BETON ASFALTOWY.

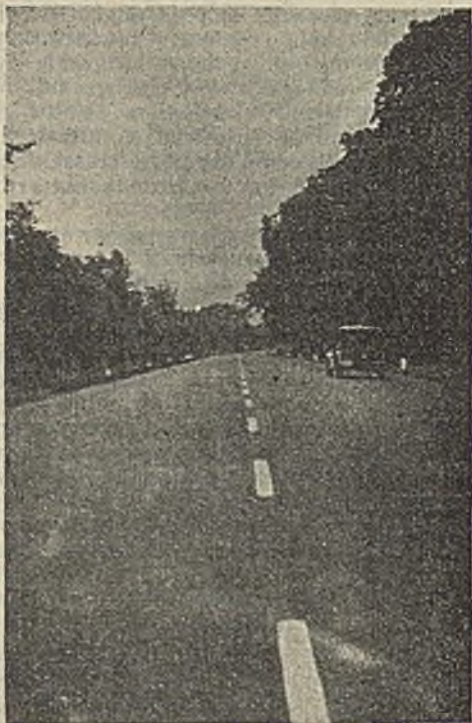
1. Definicja.

Beton asfaltowy jest masą układaną i walcowaną na gorąco składającą się z piasku, grys, grysiku, wypełniacza i asfaltu w proporcjach dobranych według zasad „minimum próżni”.

2. Zastosowanie w budownictwie drogowym.

Masa z betonu asfaltowego układana i walcowana na gorąco stosuje się do budowy warstw dolnych i warstw górnych średniego i ciężkiego typu nawierzchni bitumicznych. Do budowy warstw dolnych (wiązących i wyrównaw-

czych) nawierzchni bitumicznych dopuszczalne jest używanie żwiru do betonu asfaltowego.



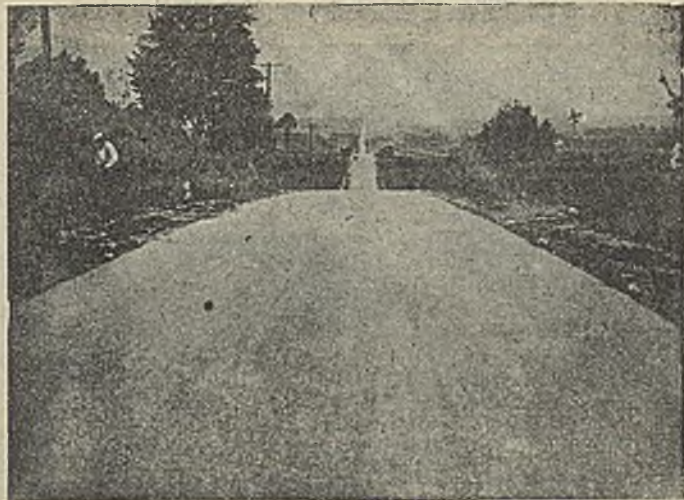
Nawierzchnia z betonu asfaltowego z podziałem jezdni na dwa tory

Nawierzchnia bitumiczna, która całkowicie, bądź też tylko w górnej warstwie wykonana jest z masy betonu asfaltowego, nosi nazwę nawierzchni bitumicznej z betonu asfaltowego.

Ze względu na wielkość ziarn agregatu mineralnego rozróżniamy trzy rodzaje betonu asfaltowego:

1. betonu asfaltowy gruby,
 2. " " średni,
 3. " " drobny.
3. Składniki masy i ich własności.

Agregat mineralny składa się z grys i grysiku, piasku i mieszaniny piasków o uziarnieniu 0—2 m/m i wypełniacza.



Nawierzchnia z betonu asfaltowego

Grys i grysik.

D o betonu asfaltowego stosuje się grys i grysik granulowany o graniastym kształcie ziarn pochodzących ze skał o dobrych własnościach fizycznych i mechanicznych.

Grys i grysik nie powinien zawierać zanieczyszczeń pyłowych (gliny mułu, ilu) i nie powinien wykazywać własności emulgujących w stosunku do bitumu. Dopuszczalna

zawartość pyłów nie powinna przekraczać 1% przy czym jako pył należy rozumieć zanieczyszczenia określone przez płukanie wg. PN/B-196 § 11, p. 2.

Współczynnik emulgacji „e” poniżej 0,38.

Uziarnienie grysu i grysiku używanego do betonu asfaltowego winno być następujące:

Większość ziarn grysu winna być mniejsza od

Beton asfaltowy

gruby	średni	drobny
25 mm.	12,5 mm ¹⁾	12,5 mm ¹⁾



Nawierzchnia z betonu asfaltowego

W drobnym betonie asfaltowym ilość ziarn grysu pozostających na sicie $\frac{1}{4}$ nie powinna być większa niż 10%.

Dolnej granicy ziarn nie ustala się.

¹⁾ lub (D) 15/16 mm.

Piasek.

Piasek może być kopalny lub rzeczny. Nie powinien zawierać części organicznych, zanieczyszczeń pyłowych (gliny, mułu, ilu), oraz zwiędzłych ziarn mineralnych. Dopuszczalna zawartość pyłów nie powinna przekraczać 3% przyczym jako pył należy rozumieć zanieczyszczenia określone przez płukanie wg. PN/B — 196 § 11 p. 2.

Wypełniacz.

Jako wypełniacz stosuje się mączki mineralne. Powszechnie stosowanym wypełniaczem jest mączka wapien-



Beton asfaltowy z warstwą asfaltu płaskowego
na warstwie wiążącej żwirowej.

na pochodząca ze zmielenia zwartych wapieni. Wypełniacz powinien posiadać następujące własności:

Przez sito 200 (0,074 mm) winno przechodzić powyżej 80% ziarn.

Przez sito 60 (0,250 mm) winno przechodzić 100% ziarn.

Ilość gysu, grysiku, piasku i wypełniacza w agregacie mineralnym winna być dobrana w ten sposób, by zawartość próżni oznaczona na podstawie wzoru

$$p = \frac{C_v - C_o}{C_v} \cdot 100$$

C_o — ciężar objętościowy agregatu mineralnego

C_v — ciężar właściwy agregatu mineralnego

nie przekraczała dla betonu asfaltowego grubego 16%, średniego 18% i drobnego 20% obj.

5. Przygotowanie masy.

Przygotowanie masy polega na:

podgrzaniu mieszanki gysu, grysiku i piasku, zestawionej w odpowiedniej proporcji i pozbawieniu jej zanieczyszczeń pyłowych;

wymieszaniu z wypełniaczem;

otoczeniu w mieszarce gorącym asfaltem.

Temperatura mieszanki mineralnej winna się wahać w granicach 100—180° zaś temperatura asfaltu 100—180°.

Dopuszczalna temperatura masy wychodzącej z maszyny nie powinna przekraczać 180°. Masa winna być jednorodna, wykazywać dobre otoczenie ziarn asfaltem, nie może posiadać skupień lub grudek niewymieszanego wypełniacza lub przypadkowych zanieczyszczeń.

6. Przewożenie masy.

Gotowa masa winna być możliwie jak najszybciej przewożona na miejsce budowy. Podczas transportu winna być chroniona i dostarczana w takich porcjach, by zachować na miejscu robót potrzebną temperaturę.

7. Układanie masy.

Układanie masy winno odbywać się w temperaturze powietrza nie niższej od + 5.

Temperatura układanej masy winna się znajdować w granicach 100—180°.

Rozkładanie masy i rozpoczynanie wałowania w wypadku niepogody jest niedopuszczalne; w razie nagłego deszczu i niemożności wstrzymania transportu masa może

być ułożona i walcowana, należy jednak bardzo starannie i długo walcować dany odcinek. W raporcie należy zaprotokółować, że dany odcinek został wykonany podczas deszczu.

Masa winna być rozkładana równomiernie na fundamencie gorącymi łopatami lub widłami, następnie równo



Boton asfaltowy średnioziarnisty na warstwie włątającej z betonu asfaltowego:

i dokładnie rozgrabiona tak, aby uzyskana po uwalcowaniu warstwa posiadała żądaną grubość i profil.

Przed uwalcowaniem masy walcami o ciężarze około 10 ton należy zawalcować świeżo rozpostartą masę walcem ręcznym.

Przed ułożeniem masy brzegi wszelkich technicznych urządzeń (włazów, wentyli i wpustów), winny być oczyszczone i powleczone gorącym asfaltem. W pobliżu tych

miejsce nawierzchnia asfaltowa powinna być na poziomie o około 0,5 cm. wyższym niż brzegi pokrywy.

Wytyczne do oceny nawierzchni z betonu asfaltowego.

Własności nawierzchni z betonu asfaltowego winny być następujące:

	Beton asfaltowy		
	gruby	średni	drobny
Zawartość bitumu rozpuszcz. w CS ₂ wag.	5—9%	6—9%	6—9%

Zawartość bitumu w nawierzchni w %% objętościowych winna odpowiadać objętości wolnej przestrzeni w agregacie mineralnym albo ją przewyższać nie więcej jednak niż 2% objętościowo.

	Beton asfaltowy		
	gruby	średni	drobny
Wolna przestrzeń w agregacie mineral. do	16%	do 18%	do 20%
Nasiąkliwość nawierzchni w %% objęt.	poniżej 5% pon: 5% pon. 5%		

Ciężar objętościowy nawierzchni powinien być większy od 2,3 2,25 2,25

Obniżenie własności plastycznych asfaltu (ciągłość i penetracja) wyekstrahowanego w nawierzchni nie może być większe od 40% własności wyjściowego asfaltu.

Wytrzymałość, ścieralność i przesiąkliwość należy podawać w wynikach badań.

W naszych warunkach ruchu, do warstw górnych najczęściej stosowany jest beton asfaltowy drobny lub średni; rzadko stosunkowo beton asfaltowy gruby. W celu dobrego zamknięcia od góry oraz zabezpieczenia od niszczącego działania haceli i obręczy żelaznych stosowana jest często warstewka plastycznego asfaltu piaskowego (Bitulithic Warrenite), względnie asfaltowanie powierzchniowe. Bardzo szerokie zastosowanie znajduje beton asfaltowy zwłaszcza gruboziarnisty jako warstwa wiążąca.

Asfalt piaskowy. Asfalt piaskowy, jak wskazuje jego nazwa, ma jako zasadniczy składnik piasek o tak drobnym uziarnieniu, by wraz z mączką kamienną, stanowiącą drugi

składnik, nie posiadał próżni więcej niż 24%. Jako trzeci składnik wchodzi asfalt. Nawierzchnia tego typu przez długi czas była uważana jako nadająca się do najcięższego ruchu. Twierdzenie to i dziś jeszcze jest usprawiedliwione w przypadku ruchu samochodowego. Przy ruchu konnym nawierzchnia ta wykazuje dużą ścieralność. Ponadto staje się ona z biegiem czasu bardzo śliska, co wymaga specjalnych środków dla nadania jej szorstkości (pokrowce).

Bliższe dane o tej nawierzchni zawierają projekt Norm opracowany przez Drogowy Instytut Badawczy.

ASFALT PIASKOWY.

1. D e f i n i c j a.

Asfalt piaskowy jest masą układaną i walcowaną na gorąco, składającą się z piasku, wypełniacza i asfaltu w proporcjach dobranych według zasad „minimum próżni”.

2. Z a s t o s o w a n i e w b u d o w n i c t w i e d r o g o w y m.

Masa z asfaltu piaskowego układana na gorąco stosuje się do budowy średniego i ciężkiego typu nawierzchni bitumicznych noszących nazwę „nawierzchni bitumicznych z asfaltu piaskowego”.

3. S k ł a d n i k i m a s y i i c h w ł a s n o ś c i.

Agregat mineralny składa się z piasku lub mieszaniny piasków o uziarnieniu 0—2 mm. i wypełniacza.

Piasek.

Piasek może być kopalny lub rzeczny. Nie powinien zawierać części organicznych, zanieczyszczeń pyłowych (gliny, mułu, ilu) oraz zwiędzłych ziarn mineralnych. Dopuszczalna zawartość pyłów nie powinna przekraczać 5%, przyczym jako pył należy rozumieć zanieczyszczenia określone przez płukanie wg. PN/B — 196 par. 11, p. 2.

Uziarnienie piasku powinno się mieścić w granicach: Przechodzi przez sita 10, 20, 30, a pozost. na sicie 40:14—50%

„ „ „ 40, 50 „ „ „ 80:50—60%

„ „ „ 80, 100 „ „ „ 200:16—40%

Ze względu na dotychczasowe doświadczenia, celowe jest dostosowanie uziarnienia piasku do charakteru istniejącego ruchu, a mianowicie:

Ruch ciężki Ruch lekki

przechodzi przez sита 10, 20,
30, a pozostaje na sicie 40
przechodzi przez sита 40, 50
a pozostaje na sicie 80
przechodzi przez sита 80, 100,
a pozostaje na sicie 200

23%

35%

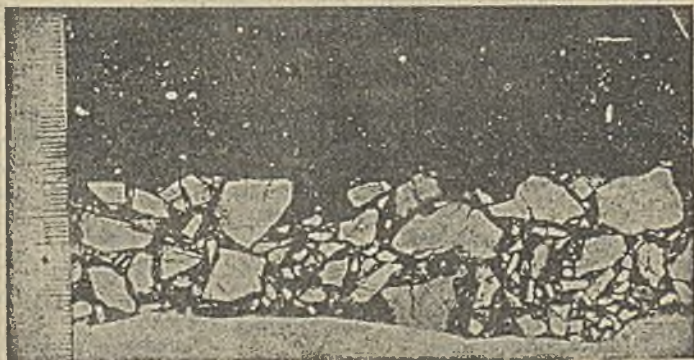
43%

45%

34%

20%

Doboru uziarnienia dokonywać należy na podstawie
uprzednich badań laboratoryjnych.



Asfalt płaskowy na warstwie wiążącej z betonu asfaltowego.

Wypełniacz.

Jako wypełniacz stosuje się mączki mineralne. Pow-
szecznie stosowanym wypełniaczem jest mączka wapienna,
pochodząca ze zmielenia zwartych wapieni.

Wypełniacz powinien posiadać następujące własności:
przez sito 200 (0,074 mm) winno przechodzić powyżej
80% ziarn

przez sito 60 (0,250 mm) winno przechodzić 100% ziarn;
na sicie 80 (0,177 mm) nie powinno pozostawać więcej
niż 5% ziarn;

Współczynnik emulgacji „e” nie wyżej 0,38.

W wypadku wypełniacza z mączki wapiennej zawartość węgla wapnia powinna być większa od 95%.

Do nawierzchni kwasoodpornych z asfaltu piaskowego należy stosować wypełniacz nie ulegający działaniu kwasów (np. kwarcowy, granitowy, bazaltowy).

Asfalt.

Jako lepsze asfaltowe stosuje się bądź jeden asfalt, bądź mieszaninę kilku asfaltów.

Asfalt lub mieszanina asfaltów wyjściowych powinny wykazywać następujące własności:

Temp. mięknięcia wg. Pierścienia i Kuli	48—62°
Temp. mięknięcia wg. Kr. Sarnow'a	38—50°
Penetracja w 25°	35—75°
Ciągliwość w 25°	pow. 60 cm.

Łamliwość wg. Fraass'a dla asfaltów o pen. 35—45° pon.—6°

Łamliwość wg. Fraass'a dla asfaltów o pen. pow. 45° pon.—9°

4. Własności masy.

Skład masy wagowo.

Zawartość asfaltu	9—13%
Zawartość agregatu mineralnego	87—91%

Skład agregatu mineralnego wagowo.

Zawartość piasku	78—83%
Zawartość wypełniacza	17—22%

Zawartość piasku i wypełniacza w agregacie mineralnym winna być dobrana w ten sposób, aby zawartość próżni oznaczona na podstawie wzoru

$$P = \frac{C_v - C_o}{C_v} \cdot 100$$

C_o -- ciężar objętościowy agregatu mineralnego

C_v -- ciężar właściwy agregatu mineralnego

była mniejsza od 24%, a ciężar objętościowy agregatu mineralnego był co najmniej równy 2.00.

Zawartość frakcji przechodzącej przez sito 200 (0,074 mm) winna wynosić powyżej 13%.

5. Przygotowanie masy.

Przygotowanie masy polega na:

- podgrzaniu piasku i pozbawieniu go ziarn pow. 2 mm oraz zanieczyszczeń pyłowych;
- wymieszaniu z wypełniaczem;
- otoczeniu w mieszarce gorącym asfaltem.

Po wymieszaniu z wypełniaczem temperatura mieszanki przed dodaniem asfaltu, powinna się wahać w granicach 150—180°. Temperatura asfaltu nie powinna przekraczać 180°. Masa winna być jednorodna, wykazywać dobre otoczenie ziarn asfaltem, nie może posiadać skupień lub grudek nie wymieszanego wypełniacza lub przypadkowych zanieczyszczeń.

6. Przewożenie.

Gotowa masa winna być możliwie jak najszybciej przewożona na miejsce. Podczas transportu winna być chroniona i dostarczana w takich porcjach, aby zachowała na miejscu robót potrzebną temperaturę.

7. Układanie nawierzchni.

Układanie masy winno odbywać się w temperaturze powietrza nie niższej od + 5°.

Temperatura walcowania masy winna się wahać w granicach 125—160°.

Rozkładanie masy i rozpoczynanie walcowania w wypadku niepogody jest niedopuszczalne, w razie nagłego deszczu i niemożności wstrzymania transportu asfalt może być ułożony i walcowany, należy jednak bardzo starannie i długo walcować dany odcinek.

W raporcie należy zaprotokółować, że dany odcinek został wykonany podczas deszczu.

Przy układaniu nawierzchni, przed ułożeniem masy, brzegi wszelkich technicznych urządzeń powinny być oczyszczone i powleczone gorącym asfaltem.

Masa winna być rozkładana na fundamencie równomierne gorącymi łopatami lub widłami (nie rzucana) i następnie równo i dokładnie rozgrabiona tak, aby uzyskana po uwalcowaniu warstwa posiadała żądaną grubość.

W pobliżu technicznych urządzeń (włazów, wentyli, wpustów) nawierzchnia asfaltowa powinna być na poziomie około 0,5 cm. wyższym, niż brzezi pokrywy, dokładnie ręcznie ubita, wygładzona i wykończona gorącymi ubijkami.

Walcowanie rozłożonej masy winno się odbywać walcami dostatecznie ciężkimi w celu dobrego jej skomprimowania, aż do chwili otrzymania równej, nie poddającej się pod naciskiem walca powierzchni.

Gotowa nawierzchnia nie może mieć gniazd źle wymieszanego wypełniacza lub gniazd tłustej masy.

W celu ostatecznego wykończenia nawierzchni, należy ją posypać wypełniaczem wapiennym lub cementowym.

ASFALT LANY.

Nawierzchnia ta zyskuje sobie obecnie coraz większe zastosowanie z uwagi na łatwość układania i dokonywania napraw oraz małą wrażliwość na wilgoć. Asfalt lany zbudowany jest również na zasadzie minimum próżni i m. in. tym różni się od asfaltu piaskowego, że prócz piasku i mączki zawiera jeszcze ziarna grysiku, lub żwiru. Asfalt lany zbudowany przy użyciu grysu nosi nazwę „asfalt lany nawierzchniowy”. Asfalt zbudowany przy użyciu żwiru — „asfalt lany żwirowy”. Pewien nadmiar asfaltu w stosunku do asfaltu piaskowego pozwala na układanie nawierzchni ręcznie bez użycia walca. Doniedawna asfalt lany był stosowany prawie wyłącznie w miastach, obecnie zyskuje sobie coraz szersze zastosowanie na drogach zamiejskich, bądźto w postaci nawierzchni ciężkiej, bądź to w postaci górnej warstwy przy dywanikach asfaltowych, a ostatnio również i smołowych.

Szczegóły o tej nawierzchni zawiera projekt Norm opracowany przez Drogowy Instytut Badawczy.

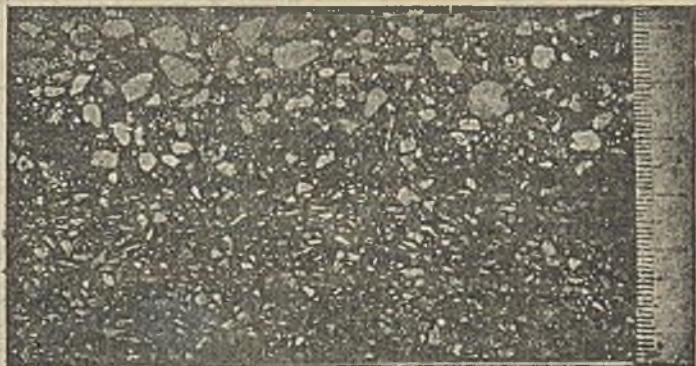
Asfalt lany.

Należy odróżnić asfalt lany nawierzchniowy (dotychczas zwany twardym asfaltem lanym) i asfalt lany żwirowy (zwany asfaltem lanym)

1. Asfalt lany nawierzchniowy.

1. D e f i n i c j a.

Asfalt lany nawierzchniowy jest masą układaną na gorąco, składającą się z wypełniacza, piasku, mialu kamiennego, grysiku i asfaltu w proporcjach, dobranych według zasad „minimum próżni”. Część mieszaniny mineralnej i asfaltu może być zastąpiona odpowiednim dodatkiem kamienia bitumicznego (wapienia, piaskowca) lub mastyksu.



Asfalt lany nawierzchniowy na warstwie wiążącej z asfaltu lanego żwirowego.

2. Z a s t o s o w a n i e w b u d o w n i c t w i e d r o g o w y m.

Masa asfaltu lanego nawierzchniowego, układana na gorąco stosuje się do budowy średniego i ciężkiego typu nawierzchni bitumicznych, noszących nazwę „nawierzchni bitumicznych z asfaltu lanego nawierzchniowego”.

3. S k ł a d i o g ó l n e w ł a s n o ś c i m a s y.

Agregat mineralny składa się z mączki wapiennej z piasku lub mieszaniny piasków o uziarnieniu 0—2 mm. i grysiku o uziarnieniu do 8 lub 10 mm.

Zamiast piasku może być użyty miął kamienny 0—2 mm (wskazany jest miął wapienny).

Piasek.

Piasek może być kopalny lub rzeczny. Nie powinien zawierać części organicznych, zanieczyszczeń pyłowych (gliny, mułu, ilu), oraz zwietrzałych ziarn mineralnych. Dopuszczalna zawartość pyłów nie powinna przekraczać 5%, przy czym jako pył należy rozumieć, zanieczyszczenia określone przez płukanie wg. PN/B — 196 par. 11 p. 2.

W wypadku użycia miału nie powinien on zawierać ziarn zwietrzałych i domieszek gliniastych. Współczynnik emulgacji „e” nie wyżej 0,38.

Wypełniacz.

Jako wypełniacz stosuje się mączki mineralne. Powszechnie stosowanym wypełniaczem jest mączka wapienna, pochodząca ze zmielenia zwartych wapieni

Wypełniacz powinien posiadać następujące własności: Przez sito 200 (0,074 mm) winno przechodzić powyżej 80% ziarn.

Przez sito 60 (0,250 mm) winno przechodzić 100% ziarn. Na sicie 80 (0,177 mm) nie powinno pozostawać więcej niż 5% ziarn.

W wypadku wypełniacza z mączki wapiennej, zawartość węglanu wapnia powinna być większa od 95%. Do nawierzchni kwasoodpornych z asfaltu lanego nawierzchniowego należy stosować wypełniacz, nie ulegający działaniu kwasów (np. kwarcowy, granitowy, bazaltowy).

Grysik.

Do asfaltu lanego nawierzchniowego stosuje się grysik granulowany, o graniastym kształcie ziarn, pochodzący ze skał o dobrych własnościach fizycznych i mechanicznych.

Grysik nie powinien zawierać zanieczyszczeń pyłowych (gliny, mułu, ilu) i nie powinien wykazywać własności emulgujących w stosunku do bitumu.

Dopuszczalna zawartość pyłów nie powinna przekraczać 1% wag, przy czym jako pył należy rozumieć zanieczyszczenie określone przez płukanie wg. PN/B — 196 par. 11 p. 2.

Współczynnik emulgacji „e” poniżej 0,38.

Asfalt.

Jako lepszycze stosuje się bądź jeden asfalt, bądź mieszaninę kilku asfaltów z ewentualną domieszką asfaltu Trynidad.

Asfalt lub mieszanina asfaltów wyjściowych powinny wykazywać następujące własności:

Temp. mięknięcia wg. Pierścienia i Kuli	49—68°
Temp. mięknięcia wg. Kr. Sarnowa	38—55°
Penetracja w 25°	20—60°
Ciągliwość w 25°	pow. 50 cm
Łamliwość wg. Frass'a	pon. — 5°

Uwaga: Do celów specjalnych możliwe jest stosowanie asfaltów twardszych.

4. Własności masy.

Skład masy wagowo:

Zawartość asfaltu	8—12%
Zawartość agregatu mineralnego	88—92%

Skład agregatu mineralnego wagowo.

Zawartość wypełniacza (mączka wapienna)	30—45%
Zawartość piasku	15—25%
Zawartość grysiku	24—45%

Ilość wypełniacza, grysiku i piasku w agregacie mineralnym winna być dobrana w ten sposób, aby zawartość próżni, oznaczona na podstawie wzoru

$$p = \frac{C_v - C_o}{C_v} \cdot 100 \text{ nie przekraczała } 22\%$$

C_o — ciężar objętościowy agregatu mineralnego

C_v — ciężar właściwy agregatu mineralnego

Zawartość frakcji przechodzącej przez sito 200 (0,074 mm) powyżej 25%.

Ilość asfaltu w % objętościowych winna być większa od objętości wolnej przestrzeni w agregacie mineralnym o 0 do 4%.

5. Przygotowanie masy.

Przygotowanie masy winno odbywać się w specjalnych kotłach poziomych, zaopatrzonych w urządzenia mechaniczne do mieszania. Do asfaltu ogrzanego do temperatury 150—180° dodaje się porcjami mączkę wapienną przy stałym mieszaniu. Po wsypaniu całkowitej ilości mączki i dokładnym wymieszaniu, dodaje się mieszaninę grysiku z piaskiem, zestawioną w odpowiedniej proporcji, uprzednio wysuszoną i podgrzaną do temp. nie przekraczającej 200°. W wypadku drobnych napraw dopuszczalny jest wyrób masy sposobem ręcznym. Konieczne jest zachowanie środków ostrożności ze względu na niebezpieczeństwo przegrzania masy i trudności w dokładnym jej wymieszaniu.

Gotowa masa winna być możliwie jak najszybciej przewożona na miejsce budowy. Przewożenie masy winno się odbywać w przewoźnych kotłach, podgrzewanych i zaopatrzonych w urządzenie mechaniczne do mieszania masy, podczas jej transportu.

6. Układanie nawierzchni.

W razie konieczności masa może być układana przy nieprzychylnych warunkach atmosferycznych, a nawet przy kilku stopniach mrozu.

Temperatura układanej masy winna wynosić 120—200°.

Żądana grubość asfaltu winna być, o ile możliwości, osiadała od razu przy rozpościeraniu. Przy układaniu nawierzchni przed dostarczeniem masy, brzegi wszelkich urządzeń technicznych (włazów, wentyli, wpustów) powinny być oczyszczone i powleczone gorącym asfaltem. W pobliżu tych urządzeń nawierzchnia asfaltowa powinna być na poziomie około 0,5 cm. wyższym niż brzegi pokrywy.

Wytyczne analityczne do oceny nawierzchni z asfaltu lanego nawierzchniowego.

Własności nawierzchni z asfaltu lanego nawierzchniowego winny być następujące:

Zawartość bitumu w nawierzchni rozp. w CS₂ wagowo 8—12%.

Nadmiar bitumu w nawierzchni w %% objęt. winien się mieścić w granicach 0—4% obj.

Wolna przestrzeń w agregacie mineralnym nie powinna przekraczać 22%.

Ciężar objętościowy nawierzchni powyżej 2,25.

Nasiąkliwość nawierzchni w % obj. nie powinna być większa od 1% obj.

Obniżenie własności plastycznych asfaltu (ciągliwości i penetracji) wyekstrahowanego z nawierzchni nie może być większa od 40% własności wyjściowego asfaltu.

Wytrzymałość, ścieralność, przesiąkliwość należy podawać w wynikach badań.

II. Asfalt lany żwirowy.

1. Definicja.

Asfalt lany żwirowy jest masą układaną na gorąco, składającą się z piasku, wypełniacza, mialu kamiennego, żwirku z ewentualną domieszką grysiku i asfaltu w proporcjach dobranych według zasad „minimum próżni”.

Część mieszaniny mineralnej i asfaltu może być zastąpiona odpowiednim dodatkiem kamienia bitumicznego (wapienia, piaskowca). Stosowany może być również mastyks lub złom asfaltowy (do 50%). Dopuszczalne jest stosowanie odpowiedniej jakości kruszywa sztucznego.

2. Zastosowanie w budownictwie drogowym.

Masa asfaltu lanego układana na gorąco bywa używana jako warstwa dolna nawierzchni bitumicznych, w szczególności nawierzchni z asfaltu lanego nawierzchniowego, oraz jako samoistna nawierzchnia w miejscach narażonych w mniejszym stopniu na działanie ruchu kołowego (asfalt podwórzowy, podłogi w halach, dróżki itp.) W specjalnych wypadkach asfalt lany żwirowy może być walcowany.

3. Składniki masy i ich własności.

Agregat mineralny składa się z piasku lub mieszaniny piasków, wypełniacza, mialu kamiennego, żwirku o uziarnieniu do 18 mm lub mieszaniny żwirku z grysikiem.

Piasek.

Piasek może być kopalny lub rzeczy. Nie powinien zawierać części organicznych, zanieczyszczeń pyłowych (glin,

miału, ilu) oraz zwietrzałych ziarn mineralnych. Dopuszczalna zawartość pyłów nie powinna przekraczać 3% przy czym jako pył należy rozumieć zanieczyszczenia określone przez płukanie wg. PN/B — 196 par. 11 p. 2.

Wypełniacz.

Jako wypełniacz stosuje się mączki mineralne.

Powszechnie stosowanym wypełniaczem jest mączka wapienna, pochodząca ze zmielenia zwartych wapieni. Wypełniacz powinien posiadać następujące własności:

Współczynnik emulgacji „e” nie wyżej 0,38.



Asfalt lany żwirowy.

W wypadku wypełniacza z mączki wapiennej zawartość węgla wapnia powinna być większa od 95%.

Do nawierzchni kwasoodpornych z asfaltu lanego żwirowego należy stosować wypełniacz nie ulegający działaniu kwasów (np. kwarcowy, granitowy, bazaltowy).

Żwirek i grysik.

Do asfaltu lanego stosuje się żwirek kopalny lub rzeczny o uziarnieniu do 18 mm o dobrych własnościach fizycznych i mechanicznych. Żwirek nie powinien zawierać części organicznych, zanieczyszczeń pyłowych (gliny, mułu, ilu) oraz zwietrzałych ziarn mineralnych.

Własności użytego grysiku jak dla asfaltu lanego nawierzchniowego.

Uziarnienie żwirku i grysiku powinno być tak dobrane, aby wielkość ziarn nie przekraczała 2/3 grubości układanej warstwy asfaltu. Dolnej granicy ziarn nie ustala się

Asfalt.

Jak do asfaltu lanego nawierzchniowego.

4. Właściwości masy.

Skład masy wagowo.

Zawartość asfaltu	7—12%
Zawartość agregatu mineralnego	88—93%

Skład agregatu mineralnego wagowo.

Zawartość wypełniacza	20—35%
Zawartość żwirku i grysiku	30—50%
Zawartość piasku	15—35%

Ilość żwirku, wypełniacza i piasku w agregacie mineralnym winny być dobrane w ten sposób, by zawartość próżni, oznaczona na podstawie wzoru.

$$p = \frac{C_v - C_o}{C_v} 100$$

była poniżej 22%.

Zawartość frakcji przechodzącej przez sito 200 (0,074 mm) powyżej 18%.

5. Przygotowanie masy.

Przygotowanie masy odbywa się w specjalnych kotłach, zaopatrzonych w urządzenia do mieszania. Do asfaltu ogrzanego, do temp. 150—180° dodaje się porcjami mączkę wapienną przy stałym mieszaniu. Po wsypaniu całkowitej ilości mączki i dokładnym wymieszaniu dodaje się mieszaninę żwirku z piaskiem lub mieszaninę żwirku z grysikiem i z piaskiem, zestawioną w odpowiedniej proporcji, uprzednio wysuszoną i podgrzaną do temp. nie przekraczającej 200°.

Dopuszczalne jest dodawanie rozdrobnionego złomu ze starych nawierzchni.

6. Przewożenie masy.

Gotowa masa winna być możliwie najszybciej przewożona do miejsca budowy. Przewożenie masy winno odbywać się w przewożnych kotłach podgrzewanych i zaopatrzonych w urządzenie do mieszania podczas jej transportu.

7. Układanie masy.

Jak dla asfaltu lanego nawierzchniowego.

Wytyczne analityczne do oceny asfaltu lanego żwirowego.

Zawartość bitumu rozpuszczalnego w CS ₂ wagowo	7—12%
Wolna przestrzeń w agregacie mineralnym	pon. 22% obj.
Ciężar objętościowy masy	pow. 2,20
Nasiąkliwość w % obj. nie może przekraczać	2%

Obniżenie własności plastycznych (ciągłości i penetracji) asfaltu wyekstrahowanego z nawierzchni nie może być większa od 40% własności wyjściowego asfaltu.

Wytrzymałość, ścieralność, przesiąkliwość należy podawać w wynikach badań.

Asfalt lany znajduje szerokie zastosowanie zwłaszcza w miastach do budowy nawierzchni ciężkiego typu, jak również i dywaników. Jako warstwa dolna nawierzchni ciężkiego typu najczęściej używany jest asfalt lany żwirowy, rzadziej beton asfaltowy. Nawierzchnie dywanikowe z asfaltu lanego nawierzchniowego układane są często nawet na warstwie wiążącej z grysów bitumowanych. Bezspieczną zaletą asfaltu lanego jest łatwy sposób układania bez potrzeby walcowania, brak komprymacji pod ruchem, łatwa naprawa nawet w porze zimowej.

Z przeglądu własności asfaltu lanego układanego u nas wynika, że w porównaniu do zagranicznego jest on znacznie plastyczniejszy dzięki stosowaniu miększego asfaltu. Należy się spodziewać, że w miarę wzrostu ruchu samochodowego u nas, będą stosowane twardsze gatunki asfaltów oraz większy procentowy stosunek grysiku i o grubszym uziarnieniu.

Laboratoryjne ustalanie składu (recepty) nawierzchni odbywa się na ogólnych zasadach opisanych poprzednio.

MASTYKS — MAKADAM.

a) Opis nawierzchni.

Mastyks - makadam jest nawierzchnią ulepszoną, której szkielet stanowi warstwa tłucznia kamiennego, wypełniaczem zaś między ziarnami tłucznia jest specjalna kompozycja as-

faltowa, t. zwany mastyks asfaltowy. Nawierzchnia ta jest zaliczana do typu średniego. Specjalną zaletą tego typu nawierzchni asfaltowej jest jej szorstkość.

b) Podłoże.

Jako podłoże pod nawierzchnię z mastyks-makadamu może służyć wyrównana i wyprofilowana stara szosa tłuczniowa, względnie dobrze zaklinowany i uwałowany podkład kamienny, wreszcie bruk z kamienia polnego lub łamanego.

c) Sposób budowy.

Na wyprofilowanym i dobrze oczyszczonym podłożu rozsypany jest równą warstwą pod szablon tłuczeń o wielkości ziarn 25—50 mm z wytrzymalszych gatunków skał, czysty i nie posiadający ziarn zwietrzałych. Tak usypaną warstwę tłucznia o grubości 6—8 cm., zależnie od wymaganej grubości nawierzchni, lekko podwałowuje się walcem tandemowym wagi 6—8 tonn, tak aby uzyskać jedynie dobre wzajemne ułożenie się ziarn tłucznia. Następnie zalewa się podwałowaną warstwę tłucznia roztopionym mastyksem asfaltowym o temperaturze 150—160° C. tak aby wszystkie wolne przestrzenie między ziarnami tłucznia były wypełnione mastyksem, t. j. do czasu aż mastyks przeniknie włąb warstwy tłuczniowej. Natychmiast po zalaniu mastyksem stosuje się lekkie zagryśowanie powierzchni grubym grysem o wielkości 15—25 mm i dowałowanie tymże walcem, co poprzednio, do chwili wklinowania rozsypanego grysu i ostygnięcia nawierzchni. Tak wykonana nawierzchnia może być po kilku godzinach oddana do ruchu.

W cięższych warunkach ruchu konnego stosowany jest mastyks-makadam dwuwarstwowy, dający poza tem powierzchnię bardziej gładką niż jednowarstwowy, powierzchnia górna którego stanowi jakgdyby mozaikę. Sposób budowy mastyks-makadamu dwuwarstwowego zasadniczo nie różni się od opisanego wyżej sposobu budowy, który w tym wypadku stanowi warstwę dolną nawierzchni dwuwarstwowej. Po kilku godzinach oczyszcza się tę warstwę szczotkami od nadmiaru grysu i rozlewa cienką warstewką roztopiony mastyks asfaltowy o temp. 160—180° C. z natychmiastowym zagryśowaniem grysikiem bazaltowym lub granitowym

o wielkości 5—15 mm i ostatecznym zawałowaniem. Ruch może być otwarty natychmiast po ukończeniu wałowania. Przy budowie nawierzchni dwuwarstwowej do warstwy dolnej może być zastosowany tłuczeń z kamienia nieco słabszego niż przy jednowarstwowej np. dolomit, marmur, porfir itp.

Mastyks asfaltowy produkowany jest w fabrykach materiałów asfaltowo-drogowych i dostarczany na budowę w stanie twardym w bębnach blaszanych lub baryłkach drewnianych. Na miejscu budowy jest on rąbany na kawałki i podgrzewany w zwykłych lub specjalnych kotłach do temperatury 150—180° C. przy której posiada konsystencję płynną i jest rozlewany na drodze przy pomocy żelaznych kubłów z jednoczesnym rozgarnięciem szczotką lub zgarniaczką drewnianą.

d) Organizacja pracy i zużycie materiałów.

W normalnych warunkach pracy, przy użyciu kotłów do grzania mastyksu o łącznej pojemności około 4 tonn i trzykrotnym ich napełnieniu, wydajność pracy, licząc na 8-godzinnny dzień roboczy, wynosi około 400 m² dwuwarstwowej nawierzchni z mastyks-makadamu. Ilość zatrudnionych robotników wynosi 22—24 osoby z czego: 6 robotników do czyszczenia szczotkami stalowymi i z piasawy podłoża, 12 robotników do rozsyпки tłuczni, rozlewania mastyksu i grysowania, 4 robotników do rąbania mastyksu, ładowania do kotłów i grzania, 1 mechanik na walcu oraz 1 majster lub drogomistrz.

Ilość materiałów na 1 m² budowy nawierzchni z mastyks-makadamu są następujące:

100 — 120 kg	tłuczni	o wielkości ziarn	25—50	m/m
8 kg	grubego gysu	„ „	15—25	„
24 kg	mastyksu	asfaltowego		

Dla nawierzchni dwuwarstwowej o grubości po uwałowaniu ca 5 cm. ilość materiałów na 1 m² wynosi:

100 — 120 kg	tłuczni	o wielkości ziarn	25—50	m/m
7 kg	grubego gysu	„ „	15—25	„
15 kg	średniego gysu	„ „	5—15	„
30 kg	mastyksu	asfaltowego.		

NAWIERZCHNIE BETONOWE.

Nawierzchnie betonowe zaczęto budować w Europie przy końcu ubiegłego stulecia. Chociaż budowano je w czasach, kiedy nie było tak wysokowartościowych cementów jak obecnie i kiedy technologia betonu była jeszcze w powijakach, niektóre odcinki zdołały przetrwać do obecnej chwili.

W Polsce pierwsze odcinki nawierzchni betonowych były wykonane w Krakowie jeszcze przed wojną. Większość z nich również przetrwała do dnia dzisiejszego. Powyższe wyniki oraz fakt, że nawierzchnie są nadal w miastach budowane, dowodzą, że nawierzchnia betonowa jest nie tylko nawierzchnią dróg dalekobieżnych, lecz w równym stopniu i nawierzchnią miejską.

Nawierzchnia betonowa jest bezpylna, cicha, łatwa do oczyszczenia, nie wymaga dużych spadków poprzecznych, nie tworzy fal, jest szorstka nawet przy wilgotnej pogodzie i jest łatwa do oświetlenia w nocy z powodu jasnego zabarwienia. Nic dziwnego też, że zyskała sobie wielu zwolenników. Jeżeli dodamy jeszcze, że nawierzchnia betonowa nie potrzebuje specjalnej podbudowy, że materiały służące do jej budowy przeważnie są na miejscu i że są całkowicie pochodzenia krajowego, że nawierzchnia przez to może być najtańsza w budowie i w konserwacji — zrozumieemy — dlaczego znalazła dla siebie na całym świecie tak olbrzymie zastosowanie. Zilustruje nam to najlepiej przytoczona tabelka, którą przytaczamy za dziełem niemieckim (Dittrich „Kritische Betrachtungen zum Bau der Betonfahrbahndecken auf den Reichsautobahnen“. Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen 1935“).

Dzięki zdobyczom techniki ostatnich lat wiele usterek w budowie zostało usuniętych i znaczna część „zagadek” rozwiązana.

Dokładne badanie gruntów i zastosowanie, w miarę potrzeby, zbrojenia zmniejszyły ilość pęknięć do minimum. Zresztą pęknięcia nie zawsze prowadzą do zniszczenia płyty i, odpowiednio konserwowane, spadają li tylko do roli usterek w pięknym wyglądzie nawierzchni. Niebezpieczne mogą się okazać tylko pęknięcia naroży, które przy należyтым zaprojektowaniu płyty i uwzględnieniu właściwości gruntu

Porównanie rozwoju budowy dróg betonowych w Niemczech i zagranicą w okresie 1925—1934 r.:

Kraj	Powierzchnia w m ²	Porównanie powierzchni w stosunku do Niemiec
Niemcy	4.812.709	1
Anglia i Irlandia . . .	22.478.000	4,70
Belgia	4.233.017	0,88
Italia	4.120.700	0,86
Francja	2.650.000	0,55
Holandia	1.909.510	0,40
Czechosłowacja . . .	1.513.256	0,32
Węgry	1.232.750	0,26
Szwecja	1.015.785	0,21
Austria	593.500	0,12
Szwajcaria	517.477	0,11
Polska	170.000	0,04
Razem	45.246.704	
U. S. A.	144.499.873	300

nie powinny się zdarzać. Opracowano również dobre metody do latania betonu, wskutek czego i ta obawa jest już dzisiaj nieistotna.

Budowa nawierzchni betonowych odbywa się w jednej warstwie, lub w dwu warstwach. Beton jednowarstwowy daje znaczne oszczędności w organizacji i w tempie robót, wymaga jednak droższych materiałów (grysów) dla całej grubości płyty i większej ilości cementu.

W Europie dominuje system dwuwarstwowy, który pozwala na użycie do dolnej warstwy (nośnej) materiałów miejscowych, jak żwirów i tłuczni oraz mniejszej ilości cementu. Warstwa górna (ścieralna) wymaga większej ilości cementu i twardego granulowanego grys. Różnica w ilości cementu dla każdej z warstw nie powinna być większa, niż 100 kg/m^3 betonu. Wg. „Wytycznych dla budowy dróg betonowych“, opracowanych przez Drogowy Instytut Badawczy, ilość cementu w górnej warstwie może wynosić 350—450 kg/m^3 betonu, w dolnej warstwie 250—350 kg, przy nawierzchni jednowarstwowej 300—400 kg. W praktyce ilość cementu w górnej warstwie wynosi zwykle 400 kg., w dolnej 300 kg.

W ostatnich czasach daje się zauważyć dążność do zrównania ilości cementu w obydwu warstwach, celem uzyskania jednakowego skurczu betonu i uniknięcia niebezpieczeństwa oddzielenia się górnej warstwy od dolnej. Na razie zapobiega się temu zjawisku przez możliwie szybkie betonowanie górnej warstwy po ułożeniu dolnej. Odstęp czasu ten nie może być w żadnym wypadku większy od czasu potrzebnego na rozpoczęcie wiązania cementu.

Jako lepsze może być użyty tylko cement o normalnym początku wiązania (nie wcześniej od 2 godzin).

Szczegóły dotyczące własności betonu zawarte są w „Wytycznych“.

Czynnikami zasadniczymi, mającymi wpływ na wytrzymałość betonu są:

- 1) dobroć i jednorodność materiałów mineralnych, co wymaga stałej kontroli na budowie,
- 2) odpowiednia stała konsystencja betonu (badania do-
raźne na zawartość wody),
- 3) należyte dozowanie poszczególnych składników betonu,
- 4) dokładne ich wymieszanie,

- 5) właściwe wbudowanie betonu i
- 6) odpowiednia opieka nad betonem po wianiu.

Składnikami mineralnymi betonu są: piasek, żwir, żwirki, tłuczeń, grys i grysik. Od wszystkich tych składników wymagamy przede wszystkim czystości oraz odpowiedniego uziarnienia. Skąły, z których pochodzi kruszywo (do warstwy górnej) winno posiadać odpowiednią wytrzymałość (nie mniej niż 1600 kg/cm²) oraz odporność na zamrażanie. Kruszywo winno posiadać szorstką powierzchnię i możliwie kubiczny kształt. Płaskie ziarna obracają się przy ubijaniu, pękają pod ruchem i wypadają. Materiały mineralne powinny być dostarczane o jednorodnych właściwościach fizycznych i o jednorodnym uziarnieniu, gdyż tylko w ten sposób dadzą się uzyskać jednakowe wytrzymałości betonu.

Uziarnienie betonu jest z jednej strony tak dobrane, by ziarna mniejsze wypełniały próżnię pomiędzy większymi, z drugiej zaś — by dawały beton o dobrej urabialności. Beton o złej urabialności wymaga większego dodatku wody, wskutek czego wzrasta współczynnik wodno-cementowy (stosunek ciężaru wody do cementu), a spada wytrzymałość.

W praktyce dobiera się uziarnienie betonu wg. pewnej krzywej przesiewu, która jest ustalona w „Wytycznych“.

Pewna ilość pyłu w kruszywie, o ile nie oblepia ono ziarno, może się okazać nawet pożyteczna, o ile czyni zadość wymogom krzywej przesiewu, t. zn. o ile ilość najdrobniejszych ziarn nie przekracza tej ilości, którą dopuszcza krzywa przesiewu.

Kruszywo nie powinno zawierać ponadto takich domieszek, które mogą obniżać wytrzymałość betonu, co należy zbadać laboratoryjnie. Jako szkodliwe domieszki uważamy: glinę, o ile zawartość jej przekracza granice omówioną wyżej, domieszki organiczne, domieszki węgla, domieszki szlaki, która ulega łatwemu rozkładowi. Szlaka o dobrych własnościach jest dopuszczalna jako kruszywo.

Woda do betonu powinna być czysta i nie zawierać szkodliwych domieszek chemicznych, co powinno być każdorazowo laboratoryjnie stwierdzone. Zawartość wody w betonie powinna być stała dla danego uziarnienia i nie powinna się zmieniać zależnie od wilgotności kruszywa.

Stosunek wagowy zawartości wody do zawartości cementu na 1m³ betonu, zwany współczynnikiem wodno-cementowym waha się dla betonu drogowego w granicach $\frac{W}{C} = 0,35 - 0,50$

Górna granica 0,50 nie powinna być przekraczana. Dodawanie wody w mieszarce powinno się odbywać przy pomocy urządzenia mechanicznego, pozwalającego na dokładne dozowanie wody. Konsystencja betonu sprawdzana jest co najmniej raz na dzień i we wszystkich wypadkach, gdy zachodzi przypuszczenie, że uległa ona zmianie. Beton dolny powinien być po ubiciu jeszcze suchy, beton górny — lekko plastyczny, lecz nie na tyle, by na jego powierzchni tworzyła się szlichta cementowa. prowadzi to bowiem do pęknięć siatkowych i do nadmiernego skurczu betonu.

Mieszanie betonu powinno odbywać się w mieszarce, zapewniającej dobre wymieszanie składników. Mieszarki bywają wolnospadowe i przeciwpądowe (łopatkowe). Oba systemy mogą dać zadowalające wyniki.

Dobra mieszarka powinna dać przy dolnej warstwie betonu dokładne wymieszanie już po 60 sekundach, przy górnej — po 90 sekundach. Wymagane jest mieszanie w ciągu co najmniej 90 sekund. Przedłużanie okresu mieszania może doprowadzić do ponownego rozsegregowania materiału.

Dozowanie części składowych betonu powinno się odbywać na wagę, albowiem tylko wtedy ma się pewność dokładnego odmierzania ściśle tej samej ilości materiału. Odmierzanie na objętość może doprowadzić do dużych niedokładności zwłaszcza przy piaskach, których wilgotność uległa zmianie, jednocześnie zmienia się bowiem ciężar objętościowy piasku w dosyć dużych granicach. O ile odmierzanie wagowe na budowie nie jest możliwe, należy stosować je przynajmniej przy ustalaniu mieszanki, po czym można przeliczyć ilości na objętość, sprawdzając okresowo ciężar objętościowy materiałów.

Z betoniarki należy kierować świeży beton niezwłocznie i najkrótszą drogą na miejsce przeznaczenia. Należy zwrócić uwagę, by beton nie ulegał rozsegregowaniu podczas transportu. Sprzyjają temu szczególnie wstrząsy, którym

beton podlega podczas transportu. W razie potrzeby należy naczynia, w których beton jest transportowany, odpowiednio resorować. Beton na drodze powinien być rozkładany przy pomocy mechanicznego urządzenia, które zapewniało by rozłożenie betonu w masie o jednakowym zagęszczeniu. Niektóre stare urządzenia np. kubły posuwające się wzdłuż wspornikowego ramienia, wysypywały beton na jedno miejsce, skąd był rozdzielany następnie ręcznie. Sy-



Betonowanie na połowie szerokości drogi.

stem ten dawał zawsze mocniej skompromowany beton w jednym miejscu, czego nie można było później usunąć nawet przy pomocy ubijarki mechanicznej. Obecnie stosowane rozdzielacze betonu składają się ze zbiorników blaszanych, które mają ruch postępowy w stosunku do osi drogi oraz poprzeczny do niej. Kombinacja obydwu tych ruchów pozwala na rozłożenie betonu na całej przestrzeni

drogi. Konstrukcja rozdzielacza jest bardzo prosta, składa się on z pomostu ustawionego prostopadłe do osi drogi. Pomost zaopatrzony jest w kółka, które tocząc się na szynach, ułożonych wzdłuż drogi, zapewniają mu ruch wzdłuż jej osi. Na pomoście zmontowany jest ruchomy zbiornik, który może się poruszać wzdłuż pomostu, a więc wpoprzek drogi. Pomost jest poruszany wzdłuż drogi przy pomocy motorka spalinowego, zmontowanego na pomoście. Ruch zbiornika na pomoście odbywa się przy pomocy napędu ręcznego. Rozdzielacz podjeżdża pod betoniarkę, która zwykle ustawiona jest na tych samych szynach ułożonych wzdłuż drogi, betoniarka samoczynnie wysypuje do zbiornika rozdzielacza całą swą zawartość (zwykle około $1m^3$ betonu), po czym rozdzielacz jedzie na to miejsce drogi, gdzie świeży beton jest potrzebny. Dno zbiornika posiada otwór w postaci szpary, która otwiera się we właściwym momencie za naciśnięciem dźwigni, po czym beton wysypuje się strumieniem odpowiedniej grubości, przy jednoczesnym ruchu zbiornika wpoprzek drogi. W ten sposób otrzymuje się równą warstwę betonu, której nie trzeba już rozgarniać, gdyż jest ona przygotowana do ubijania.

Przy układaniu betonu bez specjalnej podbudowy, należy zwrócić uwagę na charakter gruntu. Grunty przepuszczalne należy przed betonowaniem silnie zwilżyć, celem zapobieżenia wysuszeniu wody z betonu przez grunt. Na gruntach nieprzepuszczalnych należy ułożyć warstwę materiału przepuszczalnego np. żwiru, gruboziarnistego piasku tłuczni, szlaki o grubości minimalnej 10—15 cm. Warstwę tę przed betonowaniem komprimujemy i zwilżamy. Bardzo dobre wyniki daje ułożenie na warstwie tej warstwy papieru impregnowanego, przez co unika się strat wody w betonie oraz uzyskuje się łatwiejszą przesuwalność płyty betonowej po podłożu. Podsypka pod betonem ma jeszcze i tę zaletę, że stanowi izolację termiczną w zimie pomiędzy mroźnym powietrzem i gliniastym gruntem. Mróz przenika wskutek tego płycej w głąb grunt i powoduje mniejsze ruchy podglebia.

Grubość płyty betonowej zależy od nośności gruntu oraz od rodzaju ruchu. Obliczenie grubości płyty układanej bez podbudowy odbywa się w przybliżeniu na podstawie wzoru amerykańskiego

$$h = \sqrt{\frac{3 P}{0,5 \times 6_b}}$$

gdzie

h = grubość płyty w centymetrach

P = nacisk koła w kilogramach

6_b = wytrzymałość betonu na zginanie.

$$\text{np. } h = \sqrt{\frac{3 \times 3.000}{0,5 \times 45}} = \sqrt{\frac{9.000}{22,5}} = \sqrt{400} = 20 \text{ cm}$$

Najczęściej stosowane grubości wynoszą:

na starej wytrzymałej tłuczniówce	15—17 cm
na gruncie o dobrej nośności przy ruchu średnim	18 cm
na gruncie o dobrej nośności przy ruchu ciężkim	20—22 cm
na gruncie słabym	25 cm.

Przy betonie dwuwarstwowym górna warstwa posiada grubość na zwykłych drogach około 5 cm. Na warstwę dolną przypada reszta grubości płyty.

Ubijanie betonu odbywało się dawniej ręcznie przy pomocy belek wyciętych wg. profilu gotowej nawierzchni. Następnie wprowadzono maszyny — wykańczarki, które ubijały beton przy pomocy bądź belek, bądź młotów. Obecnie zwrócono się do maszyn, które komprymują beton przy pomocy wibrowania. Wibratory te przy większych robotach działają odrazu na całą szerokość drogi, przesuując się po szynach wzdłuż drogi. Przy mniejszych robotach oraz w miastach, gdzie duże maszyny nie mogą znaleźć odpowiedniego zastosowania, używa się mniejszych wibratorów przesuwanych ręcznie. Napęd wibratorów bywa pneumatyczny, elektryczny, lub spalinowy. Pneumatyczny jest najbardziej kłopotliwy i kosztowny z powodu strat na sprężonym powietrzu, wywołanych nieuszczelnnością przewodów.

O równości nawierzchni decyduje stateczność toru, po którym posuwają się wykańczarki. Ten dawniej składał się z kształtówek (kątówek, lub cełówek) ułożonych na drewnianej belce podłużnej. System ten jednak okazał się niepraktyczny, albowiem belki uginały się pod ciężarem

coraz to większych maszyn, wywołując fale na nawierzchni. Próbowano zapobiec temu przez zastosowanie szyn kolejowych zamiast kształtówek, lecz i to nie dało zadawalających wyników. Obecnie betonuje się najpierw lawy betonowe wzdłuż nawierzchni, na których opiera się następnie tor pod maszyny. Wymiary tych law wynoszą: szerokość 25 cm, wysokość 15 cm. Lawy te po wykonaniu nawierzchni służą jako oparcie dla krawężników.

Przy gruntach o wątpliwej nośności oraz w razie napotkania niejednorodnych gruntów, które często zmieniają charakter, stosuje się zbrojenie płyt. Zbrojenie bywa na całej powierzchni płyty, lub tylko w postaci obramowania płyt wzdłuż ich krawędzi. W przypadku zbrojenia całej płyty sporządza się zbrojenie w postaci siatek o krzyżowym układzie prętów. Pręty podłużne leżą gęściej przy brzegach płyt, niż pośrodku ich. Waga zbrojenia wynosi zwykle około $2,5 \text{ kg/m}^2$ płyty. Siatki zbrojeniowe wykonywane są zwykle na uboczu i układane w gotowym stanie na drodze. W krajach, gdzie budowa dróg betonowych jest rozwinięta, wytwarzane są gotowe siatki spawane elektrycznie. U nas na razie musimy kontentować się wiązaniem siatek przy pomocy drutu. Głębokość założenia zbrojenia wynosi 5—7 cm. poniżej górnej powierzchni płyty. Zwykle układa się je pomiędzy warstwą górną i dolną. Przy przewozie nie należy siatek zwiijać w rulony, lecz wiązać w płaskie paczki, albowiem rulony nie dają się później dobrze wyprostować.

W razie przewidywanego osiadania poszczególnych płyt stosuje się dyblowanie płyt. Dyble układa się w odległości 30 cm. jeden od drugiego. Dyble składają się z prętów żelaznych grubości co najmniej 22 mm. i długości 70 cm. Dyble te jednym końcem są zabetonowane na stałe w jednej płycie, drugim końcem tkwią w sąsiedniej płycie, lecz w ten sposób, by możliwy był pewien przesuw płyty w płaszczyźnie poziomej. Osiąga się to przez uprzednie nasunięcie na koniec dybla tulei w postaci rurki żelaznej o nieco większej średnicy od dybla. Dla zabezpieczenia przesuwalnej części dybla od rdzewienia i celem nadania jej łatwiejszego przesuwu, pokrywa się ją cienką warstwą asfaltu. Celem łatwiejszego układania dybli, wiąże się je w jedną całość z elementami zbrojenia krawędzi płyt. W ten spo-

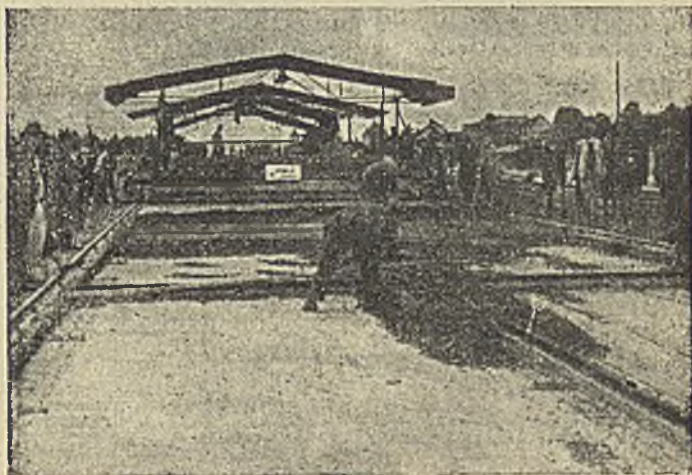
sób, przygotowane wiązki układa się w drodze bezpośrednio przed rozpoczęciem betonowania.

Beton kurczy się pod wpływem zimna i rozszerza pod wpływem ciepła. Chcąc uniknąć pęknięć nawierzchni spowodowanych zmianami termicznymi, dzielimy nawierzchnię na szereg płyt, oddzielonych od siebie szczelinami dylatacyjnymi. Nawierzchnię o szerokości 5 m. i więcej dzielimy szczeliną podłużną na całej ich długości. Prócz tego wykonujemy szczeliny poprzeczne prostopadle do osi drogi co 8—12 m. Szczeliny te pozwalają na swobodne rozszerzanie i kurczenie się płyt. Szczeliny jako takie są kłopotliwą częścią nawierzchni, ponadto mogą wywoływać niebezpieczne drgania w pojazdach posuwających się z dużą szybkością. Chcąc uchronić pojazdy od sumowania się tych drgań, umieszczamy szczeliny nie w jednakowej od siebie odległości, lecz zmienia te odległości np. co 8, 9, 10, 11 i 12 m. Szczeliny poprzeczne dajemy ponadto na początku i końcu łuków na przejściach z nasypu w wykop, w miejscach, gdzie zmienia się rodzaj gruntu oraz nad krawężnikami opór mostowych, jak również z obydwu stron przepustów.

Szczeliny wykonywane są przez zabetonowanie w nich odpowiednich listew, które następnie są z nich zwykle wyjmowane. Komprymowanie betonu odbywa się, bez względu na obecność listew, równomiernie na całej powierzchni płyty. Po wykończeniu płyty wyjmuje się listwy całkowicie, lub tylko częściowo. Krawędzie płyt zostają zaokrąglone ręcznie promieniem = 1 cm. Wszelkie uszkodzenia zaprawia się odsianą masą górnego betonu. Po odpowiednim stężeniu betonu oczyszcza się szczeliny dokładnie z wszelkich zanieczyszczeń i sprawdza, czy płyty nigdzie się wzdłuż szczeliny nie stykają, po czym zalewa się je mieszanką bitumiczną zwaną potocznie „masą zalewową”. Szerokość szczelin musi odpowiadać spodziewanej przesuwalności płyt (zwykle 10—12 mm.). Szczeliny winny posiadać ściany płaskie i pionowe.

Dotychczas nie wynaleziono ani idealnego sposobu wykonywania szczelin, ani idealnej masy zalewowej. Istnieje wielka liczba systemów wykonywania szczelin i produkowania mas zalewowych. Najlepsze wyniki daje dotychczas system Wieland'a, polegający na umieszczeniu w świeżym betonie listwy metalowej wewnątrz pustej. Listwa ta ma

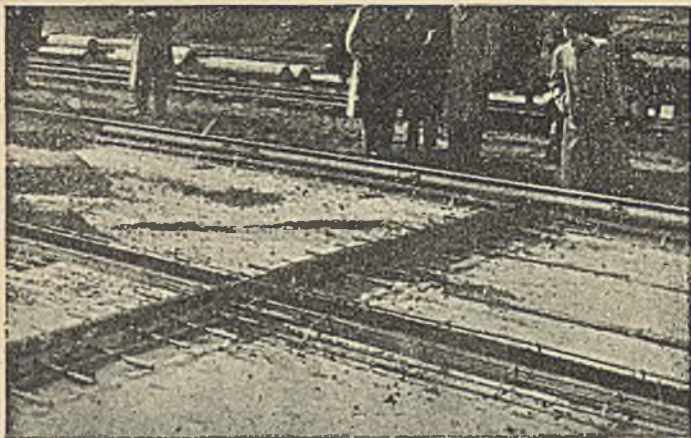
zewewnętrzne wymiary ściśle odpowiadające szczelinie dylatacyjnej i jest z wierzchu powleczone asfaltem. Po wykończeniu nawierzchni, listwy te nadal pozostają w betonie, aż do należytego stwardnienia betonu. Wtedy do wnętrza listwy wpuszczana jest gorąca para, listwa, nagrzewając się, topi asfalt i może być bez trudności wyjęta z betonu. System ten nie powoduje zniszczenia krawędzi płyt, jak wiele innych systemów, które polegają na wyjmowaniu wkładek wkrótce po wykończeniu betonu. Przy tych sposobach należy wszystkie roboty związane z wykonaniem



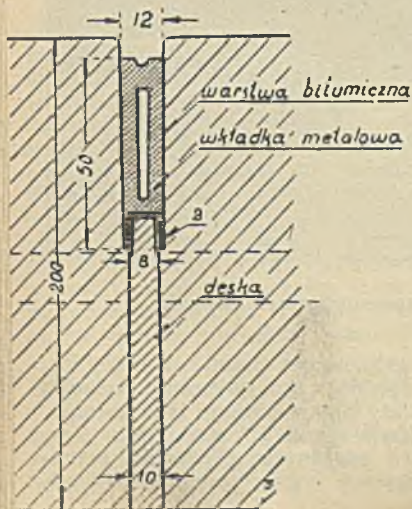
Układanie betonu w sąsiedztwie listew Wlelanda.

i wykończeniem, szczelin zakończyć przed rozpoczęciem procesu wiązania betonu. Sposoby wykonywania szczelin dylatacyjnych w Polsce zostały opisane przez inż. Antoniego Kobylińskiego w czasopiśmie „Cement” w r. 1936.

Wszelkie urządzenia obce znajdujące się w nawierzchni, jak kratki ściekowe, pokrywy i t. p. powinny być od-



Zbrojenie krawędzi płyt oraz listwy Wielanda.



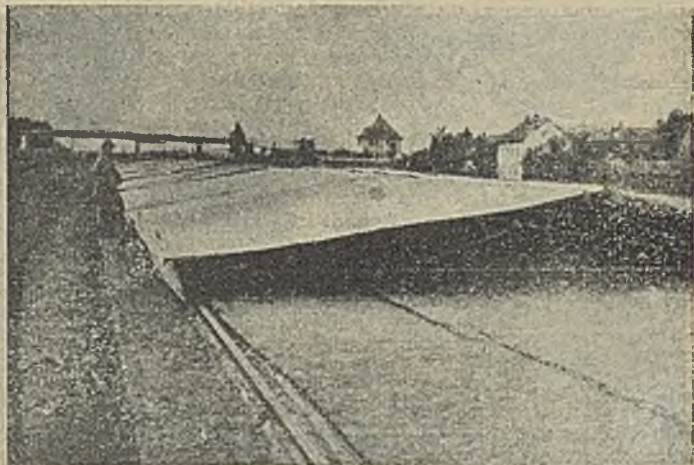
dzielone od płyty betonowej szczelinami dylatacyjnymi. W wypadku zaniedbania tego środka zapobiegawczego na stępuje tworzenie się pęknięć w betonie.

Z mas zalewowych, sporządzanych na budowie, najlepsze wyniki dała mieszanina 50% asfaltu „Ebano 9” z 50% mączki wapiennej. Przy mieszanii należy wystrzegać się przepalenia masy. Temperatura w kotle nie powinna przekraczać 160°. Dokładnie i stale mieszać!

Masa ta nie kruszy

się podczas mrozów, posiada dobrą przyczepność do betonu i nie mięknie zbyt podczas upałów. Prócz tego cały szereg firm wytwarza masy zalewowe własnego pomysłu, których skład jest trzymany w tajemnicy.

Przed zalewaniem szczelin należy je jak najdokładniej oczyścić oraz wysuszyć, w przeciwnym bowiem wypadku masa zalewowa odrywa się od betonu i zostaje wyciągnięta ze szczelin przez koła pojazdów. Głębokość zalania powinna wynosić co najmniej 4 cm. Z wierzchu spoina winna



Daszki przenośne.

być przykryta pewnym nadmiarem masy, dla ochrony brzegów przed żelaznymi obręczami.

Po zabetonowaniu płyt i wykonaniu spoin należy zabezpieczyć beton od wszelkich czynników zewnętrznych, stwarzając dlań dogodne warunki dla niezmiernie ważnego procesu twardnienia. W okresie tym beton przechodzi od wytrzymałości na rozciąganie $= 0$ do kilkudziesięciu kg. Jasnym jest jakie znaczenie posiadają warunki, w których

się te przemiany odbywają. Należy chronić beton od słońca, od deszczu i od zbyt suchego powietrza, które wywołuje nagły skurcz betonu. Skurcz ten wywołuje naprężenia rozciągające w momencie, kiedy beton najmniej jest do tego przystosowany. Rezultatem są włoskowate pęknięcia, nieodróżnialne dla oka. Pod wpływem ruchu pęknięcia te otwierają się jednak i wymagają konserwacji.

Natychmiast po ukończeniu robót betonowych, kiedy górny beton posiada jeszcze pewien nadmiar wody na



Nawierzchnia betonowa.

swej powierzchni, należy nakryć go daszkami przenośnymi. Daszki te powinny być ściśle osłonięte z boków i z obu końców dla uniknięcia przeciągów pod daszkami. Wytwarzająca się wilgotna atmosfera pod daszkami musi być za wszelką cenę nad betonem utrzymana. O ile szczególnie daszki komunikują się ze sobą oraz z otaczającą atmosferą, wytwarza się w nich ciąg, który osusza beton i wywołuje pęknięcia, których przyczyny później bardzo trudno się do-

szukać. Pęknięcia te powstają najczęściej pośrodku płyt, gdzie rozciąganie jest największe.

Po stwardnieniu betonu (zwykle na drugi dzień), usuwa się daszki i zastępuje matami słomianymi, które w ciągu 10 dni muszą być utrzymywane w wilgotnym stanie. Posypywanie betonu piaskiem na okres twardnienia jest mniej wskazane z uwagi na zanieczyszczenie spoin, które łądno następnie oczyścić.

Otwarcie ruchu może nastąpić dopiero po uzyskaniu przez beton żądanej wytrzymałości, co zostaje sprawdzone laboratoryjnie na próbkach, które były wykonane jednocześnie z nawierzchnią. Okres ten wynosi normalnie podczas ciepłej pogody 3 tygodnie, podczas chłodnej — 4 tygodnie.

Przy zejściu temperatury powietrza poniżej 0° należy świeży beton chronić od przemarznięcia. Betonowanie musi być oczywiście wstrzymane. Przy ew. wznowieniu betonowania należy zwrócić uwagę na stan gruntu. Betonowanie na zamrzniętym gruncie jest bezwzględnie wzbronione.

Utrzymanie betonu polega na uzupełnieniu masy w spoinach oraz usuwaniu wszelkich uszkodzeń betonu z chwilą ich ukazania się. O ile uszkodzenia te są małe, wystarcza zalanie ich asfaltem. Gdy są większe, należy wyciąć beton górny, nadając brzegom otworu ostre, prostopadłe krawędzie. Po wymyciu wodą i zwilżeniu mlekiem cementowym betonujemy otwory. Beton winien posiadać identyczny skład, jak reszta nawierzchni, przy użyciu cementu wysokowartościowego wzgl. szybkoztwardniejącego (glinowego). Beton winien być nie plastyczny, lecz suchszy. Należy zwrócić uwagę na dobre ubicie. Po pewnym czasie lecz przed początkiem wiązania należy beton powtórnie ubić. Łaty należy chronić przed ruchem i utrzymywać w stanie wilgotnym zależnie od rodzaju użytego cementu.

Pęknięcia włoskowate wystarczy z wierzchu pokryć asfaltem, dla powstrzymania wody od przedostania się w głąb. Z chwilą, gdy pęknięcia te otworzą się dostatecznie, należy przeciąć je dłutem na głębokości co najmniej 3 cm. i szerokość około 1 cm oraz zalać masą zalewową.

Naprawa nawierzchni betonowej po przekopach polega na bardzo dokładnym ubiciu gruntu w przekopie, oraz normalnym zebetonowaniu płyty. Dla uniknięcia późniejszych pęknięć należy płyty uzbroić. Beton powinien być mieszany w betoniarce.

WYTYCZNE DO BUDOWY DRÓG BETONOWYCH

na rok 1935 z uzupełnieniem z r. 1936.

§ 1.

Drogami betonowymi nazywać będziemy nawierzchnie z betonu, uzbrojonego lub nieuzbrojonego, który w postaci gotowej mieszaniny zostanie ułożony na miejscu i doprowadzony do stanu ścisłego za pomocą ubijania, względnie w inny odpowiedni sposób.

§ 2. Postanowienie ogólne.

1. Projekt techniczny budowy nawierzchni betonowej winien obejmować:

a) dane dotyczące rodzaju i własności podłoża z uwzględnieniem, czy nie będzie ono szkodliwie oddziaływało na beton nawierzchni;

b) rysunki, zawierające dokładne przekroje nawierzchni, rozmieszczenie i sposób wykonania szczelin, ewentualne ułożenie uzbrojenia stalowego, oraz przekroje podłoża z zaznaczeniem sposobu oddzielenia płyty betonowej od podłoża; rysunki winny być opatrzone niezbędnymi wymiarami;

c) dokładny opis szczelin i składu mieszaniny wypełniającej szczeliny;

d) dane dotyczące rodzaju pochodzenia, jakości i stosunku składowych części mieszaniny betonowej (pożądane krzywe przesiewu kruszywa);

e) dane dotyczące ciekłości układanego betonu;

f) krótki opis wytwarzania, przewozu i układania betonu oraz zabezpieczenia po ułożeniu z wyszczególnieniem wszelkich przewidzianych dla tych czynności maszyn i urządzeń;

g) próbki materiałów (na specjalne żądanie).

2. Propozycje dotyczące wykonania nawierzchni betonowych sposobem dotychczas niepraktykowanym lub od-

miennym od obecnych wytycznych należy technicznie uzasadnić oraz wskazać miejsca dokonywanych prób, jako też podać ich wyniki.

§ 3. Materiały do budowy.

1. Cement używany do budowy nawierzchni winien poza przepisami P. N. B. 201 — 204 wykazywać:

- a) pozostałość na sicie 4900 nie większą niż 10%;
- b) początek wiązania nie wcześniej niż po upływie 2-ch godzin;
- c) wytrzymałość na ściskanie po 28-dniach nie mniejszą niż 550 kg/cm²;
- d) wytrzymałość na rozciąganie po 28-dniach nie mniejszą niż 35 kg/cm²;
- e) dopuszczalne są po wypaleniu dodatki specjalne niezależnie od gipsu w wysokości do 5% wagi cementu z tym, że o obecności domieszek będzie poczyniona wzmianka na opakowaniu cementu.

Pobieranie próbek. Próbki cementu należy pobierać w ilości 10 kg. z cementu dostarczonego do betoniarki każdorazowo przy wykonaniu próbek betonowych dla badań szczegółowych (par. 11 p. 2).

Każda próbka cementu wraz z protokołem pobrania winna być natychmiast zamknięta w szczelnej puszcze metalowej (bez dostępu powietrza).

Jedna z trzech próbek pobranych na każde 6000 m² nawierzchni betonowej winna być przesłana do jednego z uznanych zakładów badawczych celem przeprowadzenia przepisanych badań. Pozostałe dwie próbki przechowuje się dla ewentualnej kontroli jakości cementu do czasu otrzymania 28-dniowych (par. 4) wyników badań próbek betonowych wykonanych z tejże partii cementu.

2. Ilość cementu na m³ gotowego betonu winna wynosić:

- a) przy nawierzchni jednowarstwowej 300—400 kg.,
- b) przy nawierzchni dwuwarstwowej:
dla górnej warstwy ścieralnej 350—450 kg.,
dla dolnej warstwy nośnej 250—350 kg.,

przy tym ze względu na skurcz betonu różnica w ilości cementu użytego do obu warstw nie powinna przekraczać 100 kg. na $1m^3$ gotowego betonu.

3. Stosunek wagowy wody do cementu winien w zależności od sposobu układania, leżeć w granicach 0,40—0,55 dla warstwy ścieralnej i 0,45—0,60 dla warstwy nośnej. Przy nawierzchni jednowarstwowej miarodajna jest granica 0,45—0,55. Należy dążyć do osiągnięcia niezbędnej dla ułożenia betonu ciekłości przy użyciu najmniejszej ilości wody. Dla orientacji wskazane jest kontrolowanie ciekłości betonu opadem stożka ze świeżego betonu (PNB—196, par. 11 p. 4) nie rzadziej niż raz na dobę oraz we wszystkich wypadkach, gdy zachodzi przypuszczenie, że ciekłość uległa zmianie. Opad w żadnym razie nie powinien być większy niż 2 cm.

4. W szczególnych wypadkach (gdy zachodzi konieczność szybszego oddania nawierzchni do użytku) mogą znaleźć zastosowanie cementy specjalne, zarówno glinowe jak portlandzkie.

W razie użycia cementu glinowego winien on być stosowany zarówno do górnej jak i dolnej warstwy, przy czym część nawierzchni wykonana z cementu glinowego winna być odgraniczona szczelinami od pól nawierzchni wykonanych z cementu portlandzkiego *).

5. Kruszywo.

Należy rozróżnić przy kruszywie materiał nadający się do warstwy ścieralnej (górnej) i materiał, mogący mieć zastosowanie wyłącznie do warstwy nośnej (dolnej).

A. do warstwy ścieralnej używać można:

1. piasek rzeczny, kopalny lub miał kamienny do 2 mm; piasek winien posiadać jak najwięcej części kwarcowych oraz czyste ziarna.

2. Grys i grysik przede wszystkim granitowy i bazaltowy, poza tym z innych skał, wykazujący następujące cechy skały:

*) Przy zastosowaniu cementu glinowego należy przestrzegać specjalnych przepisów użycia; wynikających z właściwości tego cementu.

- a) wytrzymałość na ściskanie nie mniejszą niż 1600 kg/cm²;
- b) nasiąkliwość wodą nie większą niż 0,50% — dopuszczalna być może nasiąkliwość 1%, jednakże w tym wypadku decydować winna próba zamrażania kamienia;
- c) ścieralność na tarczy Dorry nie powinna przekraczać 0,60 cm. lub na tarczy Böhme'go — 0,20 cm³/cm².

Poza tym kruszywo winno spełniać następujące warunki:

- d) kształt ziarn grysów winien być możliwie zbliżony do sześcianu;
- e) zawartość pyłu nie może przekraczać 1%; przy czym, jako pył należy rozumieć zanieczyszczenia, określone przez płukanie wg. P. N. B. — 196 par. 11 p. 2.
- f) zawartość związków siarki i zanieczyszczeń organicznych jest niedopuszczalna (próba Abramsa);
- g) grys i grysiak winien być dostarczony we frakcjach od 2 do 20 mm. Używanie w warstwie górnej ziarn ponad 25 mm. jest niepożądane. Za zezwoleniem kierownictwa budowy drobniejsze frakcje grysów mogą być pominięte lub zastąpione żwirkiem należytej jakości, przy czym jednak ogólna ilość grysów nie powinna być mniejsza niż 50% kruszywa;
- h) krzywa przesiewu badanego kruszywa winna leżeć w obszarze dobrego uziarnienia podanym na załączonym rysunku.

Za zezwoleniem Kierownictwa budowy dopuszczalne jest odchylenie od górnej granicznej krzywej przesiewu do norm PN/B — 196.

B. do warstwy nośnej używać można:

1. piasek rzeczny i kopalny lub miał kamienny do 2 mm.; piasek winien posiadać jak najwięcej części kwarcowych oraz czyste ziarna.
2. Żwir i żwirki rzeczny lub kopalny:
 - a) od 2—31,5 mm. przy grubości warstwy betonowej do 12 cm;

PRÓBA PRZESIEWU KRUSZYWA:

WARSTWA DOLNA

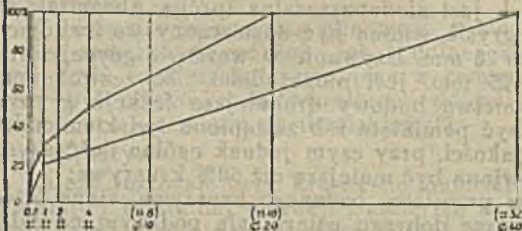
Przeł. mm	Pozostałe na sicie					Przech. przez sicę	
	otwór sic	1 próba g	2 próba g	średnio g	%	otwór sic	Suma %
0-0,5	0					0,5	
0,5-1	0,5					1	
1-2	1					2	
2-4	2					4	
4-10	4					10	
10-20	10					20	
20-40	20					40	
Razem					100	————	

WARSTWA GÓRNA

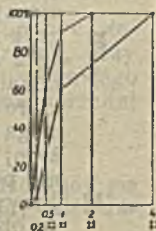
Przeł. mm	Pozostałe na sicie					Przech. przez sicę	
	otwór sic	1 próba g	2 próba g	średnio g	%	otwór sic	Suma %
0-0,5	0					0,5	
0,5-1	0,5					1	
1-2	1					2	
2-4	2					4	
4-10	4					10	
10-20	10					20	
20-25	20					25	
Razem					100	————	

GRANICZNE KRZYWE DOBREGO UZIARNIENIA

KRUSZYWA



PIASKU



UWAGI

b) od 2—40 mm. przy grubości warstwy betonowej ponad 12 cm;

3. grys, grysik i tłuczeń:

a) od 2—31,5 mm. przy grubości warstwy betonowej do 12 cm;

b) od 2—40 mm. przy grubości warstwy betonowej ponad 12 cm;

ze skał wykazujących następujące cechy:

a) wytrzymałość na ściskanie nie mniejszą niż 1200 kg/cm², w wyjątkowych wypadkach 1000 kg/cm² za zezwoleniem odnośnych władz;

b) nasiąkliwość wodą nie większą niż 2,5%.

Poza tym kruszywo winno spełniać następujące warunki:

c) zawartość pyłu nie może przekraczać 1%, przy czym jako pył należy rozumieć zanieczyszczenia, określone przez płukanie wg. PN/B—196, par. 11 p. 2;

d) zawartość związków siarki i zanieczyszczeń organicznych jest niedopuszczalna (próba Abramsa);

e) krzywa przesiewu badanego pruszywa winna leżeć w obszarze dobrego uziarnienia, podanym na załączonym rusunku.

Za zezwoleniem Kierownictwa budowy dopuszczalne jest odchylenie od górnej granicznej krzywej przesiewu do norm PN/B—196.

6. Woda używana do zarabiania betonu winna być wolna od domieszek źle wpływających na wytrzymałość betonu. W wypadkach spornych co do tego, czy dana woda jest dla betonu szkodliwa, winna ona być oddana do badania chemicznego.

Nie nadaje się przeważnie woda płynąca z bagien lub zawierająca ścieki fabryczne i t. p.

§ 4. Badanie betonów.

1. Nasiąkliwość betonu mierzona przez całkowite zanurzenie w wodzie kostki o krawędzi 7 cm. nie powinna po upływie 28 dni przekroczyć 8% wagowo. Kostka przed rozpoczęciem próby winna być wysuszona do stałej wagi. Pierwszemu suszeniu podlega kostka po 28 dniach.

2. Ścieralność kostki próbnej o krawędzi 7. cm. przy 440 obrotach tarczy Böhme'go nie powinna przekroczyć $0,30 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$. Kostka przed próbą winna być starannie wysuszona i wyrównana za pomocą 110 obrotów tarczy w tych samych warunkach. Badaniu podlega kostka po 28 dniach. Przy budowie nawierzchni dwuwarstwowej próbie tej podaje się beton warstwy ścieralnej.

3. Wytrzymałość na ściskanie normalnej próbki walcowej o średnicy 16 cm. nie powinna być po 28 dniach mniejsza niż 350 kg/cm^2 przy współczynniku wodocementowym 0,50. Przy nawierzchniach dwuwarstwowych dla dolnej warstwy wystarczająca jest przy tych samych warunkach wytrzymałość po 28 dniach $250/\text{cm}^2$.

4. Wytrzymałość na zginanie belki o przekroju 10×15 cm. i długości 70 cm., obciążonej siłą skupioną pośrodku dwóch podpór odległych o 60 cm. nie powinna po 28 dniach być mniejsza niż 40 kg/cm^2 przy $w/c = 0,50$. Dla betonu warstwy dolnej przy dwuwarstwowej nawierzchni wytrzymałość ta winna być nie mniejsza niż 30 kg/cm^2 .

5. Ciężar objętościowy betonu winien leżeć w granicach 2,30—2,55 mierzony w próbce walcowej o średn. 16 cm., suszonej w 110° (przepis ten nie ma znaczenia normy, służy natomiast dla scharakteryzowania należytej ścisłości betonu).

§ 5. Rodzaj nawierzchni.

Nawierzchnie mogą być budowane z jednej lub dwóch warstw betonu. Chudy beton użyty tylko do wyrównania podłoża nie stanowi właściwej nawierzchni i winien być od niej oddzielony warstwą izolacyjną.

Nawierzchnia jednowarstwowa składa się ze specjalnie odpornego na ścieranie betonu z jednorodnego twardego grys. Beton taki może być również używany do nawierzchni dwuwarstwowych.

Nawierzchnie jednowarstwowe mogą mieć zastosowanie wówczas, gdy jezdnia betonowa ma być ułożona na istniejącej drodze bitej lub brukowanej.

Nawierzchnia dwuwarstwowa składa się z 2-ch warstw betonu zazwyczaj o różnym składzie.

Ażeby warstwy te były należycie zespolone i utworzyły monolit, warstwa górna winna być zabetonowana i ubita niezwłocznie po ułożeniu dolnej warstwy. Taki sam sposób winien być stosowany i w nawierzchniach dwuwarstwowych o jednakowym składzie betonu.

Warstwa górna o grub. nie mniej 5 cm. składa się z betonu tłustego t. j. o dużej zawartości cementu i z twardego gysu, dolna warstwa grubości 10—20 cm. z betonu chudszego o mniejszej zawartości cementu i z mniej twardego kruszywa o grubszych ziarnach.

Do obu warstw betonu winien być użyty bezwzględnie tej samej marki cement. Nawierzchnie dwuwarstwowe mogą mieć zastosowanie dla jezdni betonowych o słabszym podłożu lub bez podłoża.

Nawierzchnie betonowe obu powyższych typów zazwyczaj stosuje się bez uzbrojenia. Uzbrojenie stalowymi prętami, względnie siatką znajduje zastosowanie w specjalnych wypadkach, jak np. przy słabym gruncie, przy budowie nowych dróg bez pokładu kamiennego lub na nasypach i t. p.

§ 6. Przekrój poprzeczny nawierzchni.

Grubość nawierzchni betonowej zależy od sposobu jej wykonania, rodzaju podłoża i rodzaju oraz intensywności ruchu.

Grubość ta nie może być mniejsza:

a) w nawierzchniach układanych na istniejących drogach o mocnym podłożu:

jednowarstwowych — 12 cm.,

dwuwarstwowych — 15 cm.;

b) w nawierzchniach układanych bez podłoża — 20 cm.

Przy nawierzchniach o grubości powyżej — 20 cm., względnie opatrzonych w wystające krawężniki, lub ułożonych na podłożu należycie wyrównanym i skomprimowanym, można zachować na całym przekroju jednolitą grubość — w innych wypadkach należy zastosować zgrubienia na brzegach.

W przekroju nawierzchnia jezdni stanowić ma: przy istnieniu szczeliny środkowej dwie symetryczne proste, spo-

tykające się pod bardzo rozwartym kątem; przy nawierzchniach bez szczeliny podłużnej — grzbiet nawierzchni winien otrzymać łagodne zaokrąglenie. Na łukach poza osiedlami należy stosować jednostronne spadki poprzeczne.

§ 7. Uzbrojenie nawierzchni.

Do uzbrojenia nawierzchni używa się prętów okrągłych, siatki jednolitej lub siatki spawanej, przy niepewnym podłożu można stosować uzbrojenie podwójne (w dwóch warstwach).

Uzbrojenie powinno być wykonane ze stali zlewnej, oznaczonej w PN/H — 210 nazwą „zwykła stal węglowa A-35“.

Używanie stali innego gatunku jest możliwe tylko za zezwoleniem urzędu decydującego.

§ 8. Spadki nawierzchni.

1. Spadek podłużny jezdni betonowej nie powinien przekraczać przy ruchu mieszanym — 5% .

2. Spadek poprzeczny dwustronny jezdni betonowej na odcinkach prostych poza osiedlami winien wynosić $1,5$ lub 2% .

§ 9. Szczeliny.

Każdą nawierzchnię betonową należy budować ze szczelinami, celem przeciwdziałania szkodliwym następstwom naprężeń powstających wskutek skurczu, różnicy temperatury i obciążeń. Wymiary oddzielnych płyt nawierzchni winny być tym mniejsze, im bardziej niepewne jest podłoże, im trudniejszy jest ruch płyty po podłożu, im mniejsza jest wytrzymałość betonu na rozciąganie, im większe natężenie ruchu i oczekiwane wahania temperatury.

Ze względu na brak dokładnej metody obliczenia na razie podaje się następujące wskazówki.

1) Jezdnie otrzymują: szczeliny poprzeczne, prostopadłe do osi drogi w odstępach od 8 do 12 m.: poza tym na początku i przy końcu ostrych łuków oraz nad krawędziami opór mostowych, jak również z obydwu stron odcinków z przepustami.

Szczeliny podłużne winny być zastosowane już przy 5 metrach szerokości jezdni. Przy szerokości jezdni 9 metrów lub większej, podłużne szczeliny winny dzielić ją na pasy o szerokości 3—4,5 m. Szczeliny podłużne należy wypełnić masą elastyczną.

2) Nawierzchnie betonowe na placach należy dzielić szczelinami na poszczególne pola w ten sposób, by w żadnym miejscu nie schodziły się więcej niż 3 naroża sąsiednich płyt, by żaden bok którejkolwiek płyty nie był dłuższy niż 12 metrów i aby powierzchnie płyt stanowiły najwyżej 30 m².

§ 10. Dodatki do betonu.

Wszelkie dodatki, mające wpływać na proces wiązania i twardnienia muszą być należycie wypróbowane i mogą być dopuszczone do użycia jedynie na mocy zezwolenia kierownictwa budowy. To samo stosuje się do dodatków spełniających rolę wypełniaczy, jak również do środków chemicznych używanych do betonowania podczas mrozu.

§ 11. Badania kontrolne betonu.

1. Na każde 1000 m² powierzchni lub 200 m. bieżących jezdni betonowej (przy szerokości jezdni 5—6 m.), należy zabetonować 2 próbki w postaci beleczek o wymiarach 10×15×70 cm.

Próbki te należy wykonać w stalowych formach z betonu pobranego bezpośrednio przed ułożeniem go w nawierzchni. Próbki muszą być przechowywane w identycznych warunkach jak i sama nawierzchnia. W 7 dni po zabetonowaniu każdej pary próbnych beleczek poddaje się jedną z nich złamaniu na maszynie, która winna się znajdować na miejscu budowy; druga pozostaje do dyspozycji kierownictwa budowy dla kontroli.

Obliczenie wytrzymałości betonu na zginanie przeprowadza się według wzoru

$$K = \frac{M}{W}$$

Wytrzymałość betonu na zginanie (K) po 7 dniach nie powinna być mniejsza niż 25 kg/cm². Dla betonu warstwy

Wykonawca

dn. 193... r.

droga

kfm.

PROTOKÓŁ Nr.

SPORZĄDZENIA PRÓBEK BETONU

Data wykonania próbek w temper. °C

Próbki należy poddać badaniu po dniach

Miejscowość wykonania km hektometr

Nazwiska obecnych przy wykonywaniu próbek

1

2

3

4

Rodzaj i pochodzenie składników betonu

a) Cement

b) Piasek

c) Żwir

d) Gryz

e) Woda

Ilość poszczególnych składników na 1 m³ betonu*)

SKŁADNIKI	WARSTWY DOŁNEJ	WARSTWY GÓRNEJ
Cement		
Piasek		
Żwir		
Gryz		
Woda		
Składnik w/c		
Koszt		

Ilość wykonanych próbek

Oznaczenie próbek na górnej powierzchni. Warstwa dolna

Warstwa górna

Sposób przechowania próbek

Uwagi

Podpis

Data przeprowadzenia badań

miejscowość

REZULTATY BADAŃ	WARSTWA DOŁNA	WARSTWA GÓRNA
Wytrzymałość na ściskanie		
Wytrzymałość na zginanie		
Ścieralność na tarczy		
Nasiąkliwość wodą		

Uwagi

Badania wykonał

dolnej przy dwuwarstwowej nawierzchni wytrzymałość ta winna być nie mniejsza niż 20 kg/cm^2 .

2. Oprócz opisanych próbnych beleczek, należy na każde 2000 m^2 powierzchni lub 333 m bieżących jezdni betonowej (przy szerokości jezdni 5 — 6 m) zabetonować:

- a) 1 walec o 16 cm (wytrzymałość na ściskanie),
 - b) 1 beleczkę $10 \times 15 \times 70$ (wytrzymałość na zginanie),
 - c) 2 kostki $7 \times 7 \times 7$ cm (ścieralność i nasiąkliwość),
- celem przesłania tych próbek dla badań szczegółowych do jednego z uznanych zakładów badawczych.

Dla betonu warstwy dolnej przy dwuwarstwowej nawierzchni należy zabetonować próbki wymienione w a) i b).

Wynik ujemny jednej tylko z badanych próbek danej serii przy dodatnich wynikach pozostałych nie dyskwalifikuje betonu o ile ujemny wynik tej samej kategorii próbek nie powtarza się w ciągu 3-ch kolejnych seryj. W wypadku powtarzania się wyników ujemnych tej samej kategorii próbek w ciągu 3-ch kolejnych seryj, należy wykonać dodatkowe badanie bądź przez pobranie prób z wykonanej nawierzchni, bądź z próbek zapasowych.

UWAGA: Każdorazowo przy zabetonowaniu próbek należy sporządzić protokół ich wykonania z zaznaczeniem stosunku składników mieszanki betonowej. Protokół ten winien być przesłany wraz z próbkami do zakładu badawczego.

§ 12. Przygotowanie i urządzenie miejsca budowy.

Cement koniecznie musi być przechowywany w odpowiednio zabezpieczonych od deszczu i wilgoci szopach.

Dostawę wody należy tak zorganizować, aby zapewnić sobie dostateczną ilość przy najszybszej robocie w gorących dniach, tak do wykonania samego betonu, jak i do polewania wodą gotowej nawierzchni.

Inne materiały do wyrobu betonu winny być nagromadzone na miejscu budowy w takich ilościach, by w razie wstrzymania ich dostawy, betoniarki mogły pracować bez przerwy. Materiały do wyrobu betonu należy możliwie zabezpieczyć przeciwko wszelkim zanieczyszczeniom.

Wskazane jest gromadzić materiały w jednym wielkim składzie przy najbliższej od miejsca budowy stacji kolejowej, albo też urządzić większą ilość małych składów tuż obok każdorazowego miejsca budowy. Tylko w wypadku, gdy żaden z tych dwóch sposobów nie da się zastosować, dopuszcza się składanie materiałów wzdłuż drogi na poboczach lub obok toru kolejki roboczej. W tym ostatnim wypadku należy zwrócić specjalną uwagę na skuteczną ochronę materiałów przed zanieczyszczeniem.

Dostawa materiałów winna być tak zorganizowana, aby kruszywo, cement i woda nadchodziły w określonym czasie do betoniarki, a stąd jako gotowa już mieszanka betonowa do stale posuwającego się odcinka budowy.

Przy dłuższych transportach gotowego już betonu należy zabezpieczyć go przed szkodliwym działaniem słońca, wiatru i deszczu, oraz przed rozdzielaniem.

Odległość miejsca wyrobu betonu od najdalszego miejsca układania go należy tak dobrać, aby ułożenie i ubicie betonu mogło być całkowicie ukończone przed początkiem wiązania.

Przy użyciu ubijaków mechanicznych zaleca się mieć w pogotowiu komplet narzędzi do pracy ręcznej, które można byłoby użyć do należytego komprimowania betonu w razie zepsucia się maszyn tylko dla dokończenia betonowanego pola w innych zaś wypadkach na wyraźne zarządzenie kierownictwa budowy.

§ 13. Przygotowanie podłoża.

Podłoże musi być przygotowane, aby umożliwiło swobodne odkształcenie się na nim płyt betonowych. Szczegółne ważne znaczenie ma należyte odwodnienie podłoża. Im podłoże jest silniejsze i bardziej jednolite, tym mniejsza może być grubość nawierzchni betonowej.

Przy budowie nowych dróg nawierzchnię betonową można ułożyć wprost na dokładnie wyrównanym i należyście skomprimowanym i odwodnionym gruncie. Nie wolno betonować bezpośrednio na gruncie nieprzepuszczającym wody. W tym wypadku zaleca się ułożyć przedtem warstwę odwadniającą odpowiedniej grubości. Przy przebudowie sta-

rych dróg tłuczniowych lub ze zwykłego bruku uzyskuje się odpowiedni profil przez użycie chudego betonu, albo też przez rozebranie starej jezdni i ponowne rozsypanie i zawałowanie starego tłucznia z dodaniem nowego, względnie ponowne ułożenie starego bruku.

Jako minimalną grubość podłoża pod nawierzchnię betonową należy uważać bruk lub nawierzchnię tłuczniową o grubości co najmniej 15 cm, przy należyтым odwodnieniu podłoża.

Wskazane jest przy nawierzchniach betonowych wzmocnienie krawędzi nawierzchni i części poboczy nawierzchnią twardą na szerokości co najmniej 0,5 m z każdej strony.

W wypadku konieczności poszerzenia podłoża, poszerzenie to winno być wykonane z chudego betonu o grubości warstwy nie mniej 15 cm.

Przy użyciu do sprofilowania podłoża chudego betonu nie ma potrzeby zrywać starej nawierzchni tłuczniowej, a wystarczy oczyścić ją z błota i oddzielnie wystających kamieni. Górną powierzchnię podłoża należy wygładzić i bezwzględnie zabezpieczyć przeciwko możliwości połączenia z nawierzchnią betonową. Do tego celu nadają się powłoki z emulsji asfaltowych, smołowych itp. Powłoki z gliny nie wolno używać. Szczególnie starannie należy przygotować podłoże w miejscach poszerzenia nawierzchni i na lukach. Przed betonowaniem należy podłoże zwilżyć, aby nie wchłaniało potem wody z betonu.

Beton, mający służyć do wyrównania podłoża, powinien być układany przynajmniej w 7 dni przed układaniem nawierzchni, aby nie został uszkodzony przy jej ubijaniu. Podłoże betonowe o grubości ponad 10 cm należy podzielić szczelinami w płaszczyznach odpowiadających szczelinom nawierzchni.

§ 14. Deskowanie.

Boczne deskowanie nawierzchni należy wykonać z drewna kantowego z nasadzonym lekkim profilem stalowym, albo też całkowicie z grubej blachy o specjalnym profilu. Deskowanie to należy ułożyć na podłożu odpowiednio przygotowanym i zabezpieczyć starannie od przesunięcia i odkształceń tak w kierunku poziomym jak i pionowym. Deskowanie

należy utrzymać w czystości, a w miejscach zetknięcia z betonem dobrze naoliwić. Zdjęcie deskowania może nastąpić przy odpowiednich warunkach atmosferycznych najwcześniej po 18 godzinach od ukończenia betonowania; przy tym należy starannie ochronić beton przed uszkodzeniem krawędzi.

§ 15. Mieszanie i układanie betonu oraz maszyny i urządzenia.

Mieszanie betonu winno odbywać się wyłącznie w betoniarkach przy ścisłym zachowaniu ustalonego stosunku składowych części mieszaniny. Betoniarki muszą posiadać urządzenia dla dokładnego odmierzania wody i dostarczać beton starannie wymieszany. Przy wykonywaniu nawierzchni z dwóch wstw betonu o różnym składzie, muszą pracować oddzielnie betoniarki dla każdej mieszaniny. Świeży beton dostarczony na budowę należy rozścielić ręcznie lub mechanicznie i przez odpowiednie ubijanie nadać mu potrzebny profil oraz jak największy stopień skompromowania. Dwie warstwy betonu w nawierzchni muszą być koniecz- nie układane niezwłocznie jedna po drugiej. Zgęszczenie betonu następuje z reguły przez ubijanie. Beton winien być jednakowo zagęszczony na całej powierzchni. Beton wilgotny może być należycie zagęszczony jedynie przy pomocy ubijaków o małej powierzchni. Nośna warstwa betonu nawierzchni winna być zatem ubijana przy pomocy ubijaków pneumatycznych, których powierzchnia jest nie większa jak 15 x 15 cm, albo też przy pomocy ubijaczki mechanicznej. Jeżeli w ścieralnej warstwie stosowany jest beton wilgotny, może być on ubijany bądź w sposób podany wyżej, bądź też przy pomocy ubijaków ręcznych, w razie niemożności zastosowania ubijania maszynowego.

Szczególnie staranne wykonanie zaleca się na krawędziach nawierzchni. Nawierzchnia betonowa, odpowiednio sprofilowana, może być należycie wykończona, albo przy pomocy t.zw. wykończarki, albo też ręcznie przy pomocy dyli do ubijania. Wykończarki maszynowe nadają się szczególnie dla dróg prostych, posiadających stale ten sam przekrój. Przy drogach miejskich i przy betonowaniu każdej połowy jezdni oddzielnie wygodniej jest wygładzać warstwę ście-

ralną ręcznie. Postęp budowy nawierzchni betonowej winien być taki, ażeby odcinek drogi między dwiema szczelinami poprzecznymi był zabetonowany bez przerw w robocie; tym samym przerwy robocze mogą nastąpić tylko przy doprowadzaniu betonowania do szczeliny poprzecznej.

§ 16. Układanie uzbrojenia.

a) Przy użyciu prętów okrągłych, składanych na krzyż o wielkości oczek 10—12 cm zależnie od grubości pręta należy pręty wiązać na skrzyżowaniach. Jeśli przewidziane jest jedynie uzbrojenie podłużne na krawędziach należy je wykonać z prętów o średnicy co najmniej 16 mm. Inną formę stanowi uzbrojenie w kształcie obramowania płyty prętami o średnicy co najmniej 10 mm, które należy układać w odległości 10 — 15 cm od krawędzi górnej w mniej więcej $\frac{1}{3}$ grubości płyty. Uzbrojenie to zabezpiecza naroża i chroni te miejsca, w których najczęściej powstają rysy.;

b) Poszczególne pasy siatki jednolitej należy założyć jeden na drugi na szerokości najmniej 5 cm i związać je ze sobą co pewien odstęp drutem;

c) Siatki stalowe spawane, dostarczane w zwojach, przecina się odpowiednio do wielkości pól, łącząc przez nałożenie siatki jednej na drugą na szerokość co najmniej 10 cm

Uzbrojenie betonu, zwłaszcza na krawędziach, musi posiadać co najmniej 4 cm ochronnej warstwy betonu.

§ 17. Wykonanie szczelin.

A. Ogólne wskazówki co do przekroju i wykonania wszelkiego rodzaju szczelin w nawierzchni:

a) szerokość szczeliny powinna być na tyle mała, na ile pozwala jej wykonanie i należyte utrzymanie;

b) powierzchnia betonu winna leżeć po obu stronach szczeliny na jednakowej wysokości; wyrównanie krawędzi szczeliny zaprawą cementową jest niedopuszczalne;

c) krawędzie i naroża płyt od strony szczelin muszą być zaokrąglone;

d) każda szczelina musi być zabezpieczona od zniszczenia przez ruch pojazdów przy pomocy masy plastycznej, nie-

przepuszczającej wody. Dla umożliwienia ułożenia tej masy w szczelinie winna mieć ona szerokość najmniej 6 mm, a masa winna być założona w szczelinę na głębokość co najmniej 30 mm.

B. Szczegółowe przepisy dla różnego rodzaju szczelin.

Szczeliny poprzeczne, w zależności od ich przeznaczenia, dzielą się na dwie grupy: dylatacyjne i kontrakcyjne.

1) Szczeliny dylatacyjne pozwalają płycie betonowej kurczyć się i rozszerzać w kierunku osi drogi.

W tym celu szczelina na całej wysokości płyty winna mieć szerokość od 6 — 13 mm i być prostopadłą do osi drogi.

2) Szczeliny kontrakcyjne umożliwiają tylko kurczenie się płyty betonowej. Mogą one być wykonane w sposób prosty i celowy jak następuje:

a) przy betonowaniu płyt na zmianę, tj. co druga płyta, jako szczeliny ściskane, a to w ten sposób, że płaszczyzny czołowe betonowych płyt wykonane prostopadle do osi drogi powleka się odpowiednim snarem, do których bezpośrednio dobetonowuje się następną płytę. Na powierzchni betonu wykonywa się w tych miejscach rowek, zapelniony następnie masą plastyczną.

b) przy betonowaniu ciągłym szczelina kontrakcyjna może być wykonana w sposób następujący: w warstwie nośnej ustawia się rębem prostopadle do osi drogi deskę drewnianą grubości do 15 mm. Poprzez górną krawędź tej deski, leżącą 6 — 7 cm poniżej powierzchni drogi, betonuje się bez przerwy.

Dokładnie ponad deską, zanim beton zacznie wiązać, przecina się na powierzchni betonu szczelinę na głębokość 3 cm. W betonie położonym pod tą szczeliną (grub. 4 — 5 cm) powstaje z czasem mała rysa skurczowa, która łączy górną krawędź deski z wykonaną na powierzchni szczeliną.

Szczeliny podłużne mają za zadanie przeciwdziałać w tworzeniu się rys podłużnych. Szczeliny takie wykonywa się jako szczeliny otwarte, przechodzące przez całą grubość płyty i wypełnione masą plastyczną.

§ 18. Zabezpieczenie świeżego betonu.

Po zabetonowaniu każdej płyty, należy ją chronić od deszczu, wiatru i słońca. Do tego celu najlepiej nadają się

daszki z płótna nieprzemakalnego. Daszki takie, zabezpieczają beton od szkodliwego działania słońca i deszczu, chronią jednocześnie krawędź płyt od powstania rys w czasie twardnienia betonu. Należy posiadać tyle daszków, ażeby mogły one ochronić co najmniej powierzchnię wykonaną w ciągu ostatniego dnia.

Od końca pierwszego dnia, aż do końca siódmego po zabetonowaniu, należy zabezpieczyć beton przed wysychaniem. Najlepiej daje się to wykonać przez całkowite pokrycie betonu wodą lub stale wilgotną warstwą piasku o grub. 5 cm. Pozostałą część drogi, aż do końca 2 tygodni po zabetonowaniu winno się w czasie gorących oraz wietrznych dni polewać wodą. W czasie wiązania betonu, przy spadku temperatury poniżej 4 stopni należy zastosować środki dla ochrony betonu od działania mrozu. W tym celu należy stosować drewniane ramy, pokryte matami ze słomy, względnie układanie samych mat słomianych. Gdy temperatura spadnie poniżej 0° wyrób betonu i samo betonowanie winno być przerwane. Przy użyciu cementu glinowego mogą podane wyżej terminy być odpowiednio skrócone, stosownie do szybszego twardnienia tego cementu.

§ 19. Otwarcie ruchu na drodze betonowej.

Ukończony odcinek nawierzchni może być oddany do ruchu przy użyciu cementu przepisanego dla betonów drogowych nie wcześniej niż po upływie 3 tygodni a w porze chłodnej 4 tygodni od czasu zabetonowania ostatniej płyty. Ten okres czasu może być skrócony:

1. przy zachowaniu następujących warunków:

a) jeżeli górny beton ostatniej z betonowanych płyt wykazuje wytrzymałość na ściskanie powyżej 350 kg/cm², a na zginanie powyżej 40 kg/cm².

b) gdy wszystkie szczeliny są dokładnie wypełnione,

c) gdy nawierzchnia jest oczyszczona z piasku

2. przy użyciu odpowiednio wypróbowanych cementów specjalnych (glinowych lub portlandzkich).

NAWIERZCHNIA Z PŁYT KAMIENNO-BETONOWYCH II.

Nawierzchnia z płyt kamiennie-betonowych jest nawierzchnią gładką, wprawdzie nie w tym stopniu, co beto-

nowe, czy też bitumiczne, zaletą jednak jej jest szorstkość, dzięki czemu pojazd mechaniczny „dobrze trzyma się drogi” i nie obawia się poślizgów niebezpiecznych dla komunikacji samochodowej.

Ponieważ nawierzchnia kamiennie-betonowa stosowana jest w Polsce od niedawna, przeto trudno jest ustalić jej trwałość. Pierwsze odcinki, wykonane w 1954 roku w powiecie Warszawskim na drogach o ruchu mieszanym dochodzącym obecnie do 2.000 ton na dobę nie wykazują nadmiernego zużycia, zniszczeniu uległy jedynie poszczególne płyty.

Zalety nawierzchni z płyt kamiennie-betonowych, to możliwość pobudowania jej wprost na gruncie, bez podkładu, możliwość układania połową szerokości, co zwłaszcza ma duże znaczenie dla dróg, na których nie można zamknąć ruchu, wykonanie zaś objazdu napotyka na duże trudności (dojazdy do mostu). Dalszymi zaletami — to natychmiastowe, po wykonaniu, oddanie jej do ruchu, możliwość układania na dużych spadkach, dzięki znacznej szorstkości, oraz układanie bez obaw w miejscach zawilgoconych. Wadą natomiast jest trudność utrzymania jej w stanie czystym, na co należy zwrócić uwagę, zwłaszcza w osiedlach.

Grubość nawierzchni z płyt wynosi zwykle 15 cm. rzadziej 12 cm. Płyty o grubości 12 cm. stosuje się przy mniejszym ruchu, lub też na podłożu ze starej nawierzchni szabrowej.

Na wykonanie nawierzchni z płyt kamiennie-betonowych należy uzyskać zgodę Ministerstwa Komunikacji, przy układaniu nawierzchni na drogach państwowych; na drogach zaś samorządowych zgodę Wydziału Komunikacyjno-Budowlanego odnośnego Urzędu Wojewódzkiego.

Udzielenie zgody na wykonanie tej nawierzchni, można uzyskać, dając gwarancję należytego wykonania robót pod względem technicznym, oraz uzasadniając wniosek pod względem gospodarczym.

Nawierzchnię z płyt kamiennie-betonowych można podzielić na dwie zasadnicze grupy, w zależności od kształtu płyt:

1. nawierzchnia z płyt czworokątnych
2. nawierzchnia z płyt sześciokątnych.

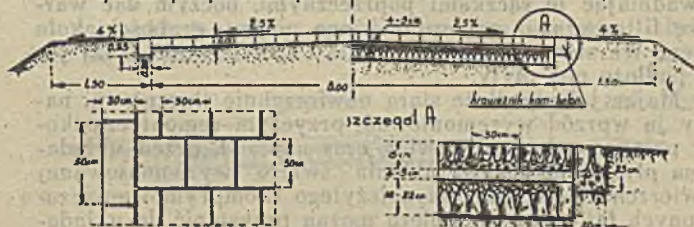
Płyty sześciokątne objęte są patentem polskim Nr. 18323 (inż. W. Trylińskiego) i podlegają opłacie licencyjnej.

Wpływu kształtu płyt na trwałość nawierzchni kamienno-betonowej, jak dotychczas, nie zdołano zauważyć. Obserwacja nawierzchni, wykonanej w r. 1934 gdzie są odcinki z płyt czworokątnych i sześciokątnych, raczej wskazuje na to, iż kształt płyt jest rzeczą drugorzędną, nie mającą wpływu na trwałość nawierzchni, a jedynie decyduje tu należyte wykonanie płyt i staranne ułożenie samej nawierzchni.

normalny przekrój poprz. now. z płyt kamienno-betonowych

na podłożu ziemnym przy gruncie przepuszczalnym

na podłożu ze starej nawierzchni tłuczniowej



Dostawa płyt na drogę.

Przewożenie płyt na drogę może się odbywać najwcześniej po upływie dwóch tygodni od chwili ich wykonania, oddanie zaś nawierzchni do użytku, po upływie dni 28.

Płyty, zwiezione na drogę, układa się w sztable, przy czym bardzo ważną rzeczą jest należyte rozmieszczenie płyt wzdłuż drogi i to na obu poboczach, tak, żeby odległość przenoszenia płyt była możliwie jak najmniejsza, wszelkie bowiem podwożenie brakujących płyt w trakcie roboty podraża koszt budowy oraz w dużym stopniu utrudnia pracę, opóźnienie bowiem w pracy partii układaczy automatycznie zatrzymuje pozostałe partie, dezorganizując całą robotę. Wielkość i rozmieszczenie sztabli, w któ-

rych układa się płyty, zależna jest od szerokości nawierzchni, wielkości poboczy i t. p. Zwykle sztable zawierają 200—300 sztuk płyt i rozstawione są w odpowiednich odstępach.

Przygotowanie podłoża.

Nawierzchnię z płyt kamiennieo-betonowych można układać bezpośrednio na podłożu ziemnym, względnie na starej nawierzchni tłuczniowej.

Układając płyty bezpośrednio na podłożu ziemnym, należy zwrócić uwagę na to, czy grunt jest przepuszczalny, czy też nieprzepuszczalny. W pierwszym wypadku wystarczy zdjąć górną warstwę ziemi zanieczyszczonej, przy gruncie zaś nieprzepuszczalnym należy wyrobić koryto, odwadniając je sączkami poprzecznymi, poczym dać warstwę filtracyjną z gruboziarnistego piasku, grubości około 20 cm. Warstwa ta, należyście ubita i sprofilowana, służy jako podłoże pod płyty.

Mając jako podłoże starą nawierzchnię tłuczniową, należy ją wprzód wyremontować, przyczym remont cząstkowy przeprowadzić na pewien czas naprzód, przed układaniem płyt, a to w celu oddania świeżo wyremontowanej nawierzchni pod ruch dla należytego skomprimowania założonych łąt, poczym dopiero można przystąpić do układania płyt.

Najlepiej jeżeli grubość nawierzchni pozwala zerwać starą korę szosową i na nowo zawałować z niewielką ilością dodanego tłucznia.

Niezbędnym warunkiem jest aby podłoże szosowe posiadało ten sam profil poprzeczny i podłużny jaki ma otrzymać nawierzchnia. Nie należy bowiem profilu „wyrównywać” podsypką piaskową.

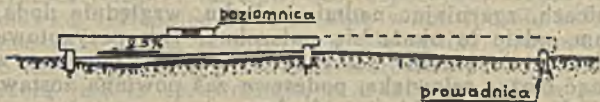
Przy układaniu płyt na podłożu twardym daje się pod płyty warstwę wyrównawczą piasku. Warstwa ta służy do wyrównania nierówności płyt, oraz nieznacznych nierówności podłoża.

Grubość warstwy piasku po skomprimowaniu powinna wynosić około 4 cm.

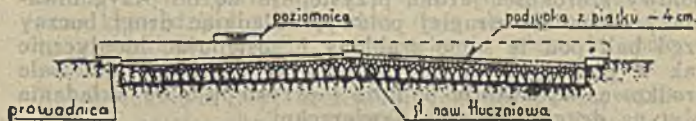
Należyte przygotowanie podłoża, to najważniejsza część roboty, błędy bowiem przy wykonaniu podłoża

w bardzo krótkim czasie można zauważyć na ułożonej nawierzchni, która ulega znacznie szybszemu zniszczeniu.

Rozłożenie i sprofilowanie warstwy wyrównawczej piasku odbywa się przy pomocy szablonów, które posuwa się wzdłuż drogi, po drewnianych prowadnicach. Prowadnice wykonane są przeważnie z bali dług. 5 m. i przekroju 10×25 cm. Bale te można rozkładać w dwojaki sposób, w zależności od rodzaju podłoża. Przy podłożu ziemnym bale daje się na sztorc.



Przy układaniu płyt na istniejącej nawierzchni, bale daje się na płask.



Bale, użyte do roboty, powinny być wprzód należyście sprawdzone pod sznur. Odchyłki, nawet milimetrowe, należy usunąć, powodują one bowiem później powstawanie fal na jezdni, bardzo przykrych przy jeździe samochodem. Przy układaniu bali, zwłaszcza na płask, należy zwrócić specjalną uwagę na należyte podbicie bali w końcach oraz przynajmniej w dwóch miejscach pośrednich, w trakcie bowiem roboty, przy przeciąganiu szablonów po balach, bale te mogą się wygiąć, dając falę w podłożu, a tym samym i w nawierzchni.

Bale układa się, zaczynając od rzędu środkowego. Układa się je pod sznur, wzdłuż osi drogi, wyrównując górną powierzchnię bali pod krzyże, unikając częstszych załamania profilu podłużnego, niż co 20 m.

Po ułożeniu środkowego rzędu, przystępuje się do układania bali bocznych, układając je pod szablon Nr. 1,

który daje w planie wymaganą odległość, profil zaś podłużny uzyskuje się dzięki użyciu poziomnicy. Mając już ułożone bale, rozsypuje się pomiędzy balami warstwę piasku. Szablonem Nr. 2 wyrównuje się piasek, pozostawiając warstwę grubszą o około 1,5 cm., licząc na skomprimowanie. Tak rozłożony piasek waluje się walkiem betonowym, względnie żelaznym, o wadze około 300 kg., poczym ubija się go lekkimi ubijakami drewnianymi o podstawie 30×30 cm., polewając jednocześnie wodą. Po należyтым ubiciu daje się szablon Nr. 3, który przeciąga się po prowadnicach, zgarniając nadmiar piasku, względnie dodając go tam, gdzie to okaże się potrzebne. Tak przygotowane podłoże, o ile zostało należyście wykonane, powinno wytrzymać ciężar człowieka, podeszwa zaś powinna zostawiać na piasku ledwie widoczny ślad.

Na podłożu, w ten sposób przygotowanym, układa się płyty, zaczynając od krawędzi ku środkowi. Po założeniu połowy szerokości, jezdni, przystępuje się do przygotowania podłoża dla drugiej połowy, układając drugi boczny rząd bal i pod te same szablony i postępując identycznie jak w pierwszym wypadku, poczym wyjmuje się bale środkowe, wyrównuje podłoże i przystępuje do układania płyt na drugiej połowie nawierzchni.

Opisany sposób dotyczy układania nawierzchni połową szerokości, ten też sposób przeważnie jest stosowany, gdyż unika się zamykania ruchu na drodze, względnie badowania kosztownych i kłopotliwych objazdów.

Przygotowanie podłoża na łukach nie natrafia na specjalne trudności. Bale środkowe należy ułożyć wzdłuż osi łuku, idąc cięciwami, boczne zaś układa się po stronie wewnętrznej łuku, pod szablon Nr. 1, po stronie zaś zewnętrznej, przy spadku jednostronnym tym samym szablonem, nie obracając go jednak o 180° , jak to ma miejsce na odcinkach prostych.

W wypadku gdy spadek jest jednostronny, większy od spadku normalnego nawierzchni, należy zastosować szablony inne o żądanym spadku, względnie specjalne podkładki pod istniejące szablony.

Układanie nawierzchni na odcinkach prostych.

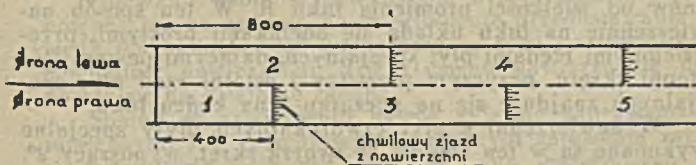
Nawierzchnię z płyt kwadratowych można układać w dwojaki sposób: rzędami prostopadłymi do osi drogi i rzędami ukośnymi.

a. Nawierzchnia, układana rzędami prostopadłymi do osi drogi, może posiadać w każdym rzędzie po jednej połówce, dzięki czemu mamy wiązanie spoin. Wiązanie to można też osiągnąć, dając jeden rząd złożony z samych całych płyt, następny zaś rozpoczyna i kończy się połówką. Układając nawierzchnię w ten sposób, należy mieć na uwadze, iż otrzymuje się spoiny prostopadłe do osi drogi, idące przez całą szerokość jezdni. Ważną rzeczą jest tu sprawdzanie, w trakcie układania płyt, prostopadłości spoiny, do czego służy szablon w kształcie trójkąta prostokątnego, o bokach 2×3 metry.

b. Nawierzchnia, układana rzędami ukośnymi, jest pod kątem 45° do osi drogi. Przy tego rodzaju układaniu, przy krawędziach nawierzchni, daje się normalne płyty pięciokątne, w celu zaś uzyskania wiązania spoin połówki po dwie w co drugim rzędzie.

Nawierzchnię z płyt sześciokątnych układa się identycznie jak nawierzchnię z płyt czworokątnych. Przy krawędziach, jako zakończenie, daje się płyty pięciokątne, zwane infułami.

Bez względu na kształt i sposób układania płyt, przy prowadzeniu budowy połową szerokości, stosuje się następujące kolejności robót.



Maksymalny, dopuszczalny objazd przyjmuje się 400 m. Zaczyna się układanie nawierzchni od strony prawej. Po ułożeniu maksim. 400 m. (1): daje się prowizoryczny

zjazd z płyt i przesuwają się z robotą na stronę lewą (2), na której układa się płyty maksim. do 800 m., poczym daje się prowizoryczny zjazd i ponownie przechodzi się z układaniem na stronę prawą (3), ruch zaś kieruje się stroną lewą. Przy tym systemie roboty należy się starać, ażeby przenoszenie się z robotą z jednej strony na drugą odbywało się z początkiem dnia pracy, przerzucanie bowiem ludzi w trakcie dnia powoduje dużą stratę w czasie i odbija się na kosztach budowy.

Układanie nawierzchni na łukach.

Przystępując do układania nawierzchni na łuku, należy zaczynać od wewnętrznej strony łuku, po ułożeniu której odrazu zaczyna się układać część zewnętrzną, chodzi bowiem o to, ażeby objazd na łuku był jak najmniejszy. Samo układanie płyt na wewnętrznej stronie łuku musi być bardzo staranne, gdyż jedynie wtedy uniknie się trudności w układaniu części zewnętrznej łuku.

Przy łukach, których promień jest większy jak 300 m., nie stosuje się płyt specjalnych, układając płyty normalne, zwiększając jedynie po stronie zewnętrznej odstęp między płytami.

Dla łuków o promieniu do 300 m., zarówno przy nawierzchni z płyt czworokątnych jak i sześciokątnych, stosuje się specjalne płyty, które tworzą kliny, dające odpowiednie skręty. Ilość tych klinów uzależniona jest od kąta wewnętrznego łuku. Pomiedzy te kliny wstawia się pewną ilość normalnych rzędów płyt, przyczem ilości, wstawianych pomiedzy klinami rzędów normalnych płyt, zależą znów od wielkości promienia łuku R . W ten sposób nawierzchnię na łuku układa się odcinkami prostymi, przedzielonymi rzędami płyt specjalnych, dającymi pewną ilość stopni skrętu, przyczem pierwszy i ostatni rząd płyt specjalnych znajduje się na początku i na końcu łuku.

W nawierzchni z płyt czworokątnych płyty specjalne wykonane są w ten sposób, że tworzą skręt, wynoszący 2° .

Jeśli więc kąt wierzchołkowy łuku wynosi α° , to ilość

$$n = \frac{\alpha}{2}$$

Ilość rzędów płyt normalnych między dwoma rzędami płyt specjalnych wyniesie:

a) w przypadku gdy płyty są układane prostopadle do osi drogi

$$z = 0,11442 R - 1^*)$$

b) w przypadku gdy płyty układane są skośnie do osi drogi

$$z = 0,08097 R - 0,594^*)$$

Ilości, otrzymane z powyższych wzorów, należy zaokrąglić do najbliższej liczby całkowitej.

W nawierzchni z płyt sześciokątnych, płyty specjalne wykonane są w ten sposób, że tworzą skręt, wynoszący $1^{\circ} 30'$.

Przy kącie wierzchołkowym, wynoszącym α° , ilość rzędów płyt specjalnych wyniesie:

$$n = \frac{\alpha}{1,5}$$

Ilość rzędów płyt normalnych, między dwoma rzędami płyt specjalnych, wyniesie:

$$z = 0,07557 R - 1$$

Zalewanie spoin w nawierzchni.

Zalewanie spoin w nawierzchni z płyt kamienno-betonowych ma za zadanie uniemożliwienie przedostawania się wody do podłoża, oraz powiązanie ze sobą poszczególnych elementów nawierzchni, dzięki czemu nawierzchnię uodpornia się na działanie ruchu.

Spoiny w nawierzchni można zalewać zaprawami bitumicznymi lub cementowymi, przyczym zalewanie zaprawą bitumiczną może być wykonane na gorąco lub na zimno.

*) patrz Instrukcja Ministerstwa Komun. Nr. K. 3.

1. Zalewanie spoin zaprawą bitumiczną.

- a) na gorąco — stosuje się tu specjalne mieszanki asfaltu z mączką wapienną (0—2 mm.), t. zw. zaprawy bitumiczne.

Zaprawę bitumiczną do zalewania spoin można przygotować samemu, mając mieszadło. Gotowe można nabyć w firmach: Kemi, P.T.A. — jako t. zw. masy zalewowe „Cyrilas“ — Polmin, zwane zaprawami asfaltowymi „Polmin DB. III“ i w innych.

Zaprawę bitumiczną przed użyciem należy rozgrzać w kotlech do temperatury 170°, starannie przytym mieszając, ażeby mączka wapienna nie osiadała na dnie kotła. Zalewanie odbywa się przy pomocy małych kubelków z dziobkami.

Na gorąco można też zalewać spoiny, mieszając, bezpośrednio na budowie, rozgrzany do temperatury 170° asfalt (o penetracji 40—50), z piaskiem, uprzednio podgrzanym do temperatury 150°. Mieszanie asfaltu z piaskiem, w stosunku 3:1, dokonuje się w kubelku, dając dwie części asfaltu i jedną część piasku, należy przytym zwrócić uwagę na stałe mieszanie asfaltu w kubelku. Rozchód czystego asfaltu w tym wypadku wynosi około 7 kg/m² nawierzchni.

W celu zmniejszenia rozchodu asfaltu można stosować wypełnienie spoin na około 2/3 wysokości płyty suchym piaskiem.

Płyty zalewać zaprawą bitumiczną można tylko wtedy, gdy są one zupełnie suche. Po zalaniu należy przysypać je cienką warstewką piasku, a to w celu przeciwdziałania przylegania świeżego asfaltu do żelaznych obręczy pojazdów.

Po upływie paru dni piasek można usunąć.

- b) zalewanie spoin na zimno dokonuje się przy pomocy zaprawy bitumicznej, przygotowanej na emulsji.

Zalewanie zależy powtórzyć 2 lub 3-krotnie, w odstępach co 4—8 godzin, a to w celu uzyskania pełnego wypełnienia spoiny.

2. Zalewanie spoiny zaprawą cementowo-piaskową ma swoje dobre strony, jak: taniość, możliwość zalewania spoin, bez względu na stan ich zawilgocenia, ma jednak i złe strony, a mianowicie: droga musi być zamknięta dla ruchu przez okres 2-ech tygodni od chwili zalania spoin, przy czym w okresie tym należy utrzymywać ją w stanie wilgotnym. Przy tego rodzaju zalewaniu odpada możliwość prowadzenia roboty połową szerokości.

Zaprawę cementowo-piaskową do zalewania spoin stosuje się w stosunku 1:1, przygotowując ją na sucho i dodając wodę bezpośrednio przed użyciem.

Utrzymanie i drobne remonty nawierzchni.

Nawierzchnia z płyt kamiennie - betonowych ulega zniszczeniu przez wykruszenie się zaprawy cementowo - piaskowej, skutkiem czego może nastąpić wypadanie tłuczni z płyt, mogą też powstać pęknięcia płyt.

Pęknięcia płyt zalewamy asfaltem, bądź też emulsją. W wypadku wykruszenia się zaprawy, względnie wypadnięcia tłuczni, uszkodzone miejsce, starannie oczyszczone należy zapełnić drobnoziarnistym (0—5 mm) smołobetonem, betonem asfaltowym, względnie inną podobną masą bitumiczną i ubić lekkim ubijakiem.

NAWIERZCHNIA TŁUCZNIOWO-CEMENTOWA

Stosować należy jako pogrubienie starej nawierzchni szosowej, można stosować jako pogrubienie starej nawierzchni brukowanej. Stosowana grubość waha się od 8 do 12 cm.

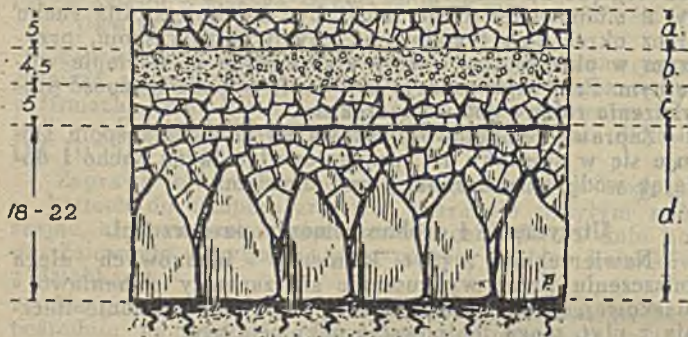
Istnieją różne sposoby budowy tych nawierzchni najbardziej rozpowszechnionym jest sposób t. zw. metoda Sandwich zwykła i ulepszona.

Metoda Sandwich I (zwykła).

Na istniejącej starej powłoce tłuczniowej rozściela się połowę całkowitej ilości tłuczni wałuje się lekko, następnie rozściela się zaprawę cementowo-piaskową i na nią nakłada się drugą połowę tłuczni wałując aż do chwili wystąpienia na powierzchnię wałowanego tłuczni zaprawy cementowo-piaskowej.

Szemat wykonania metodą Sandwich I.

warstwa tłucznia	Walec	warstwa zaprawy cementowej	warstwa tłucznia	Walec
------------------	-------	----------------------------	------------------	-------



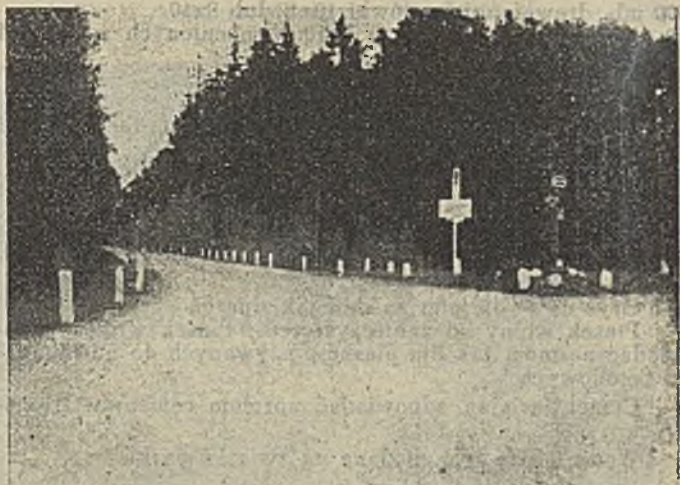
Metoda Sandwich II (ulepszona).

Różni się tym od poprzedniej że przed rozścieleniem pierwszej warstwy tłucznia rozścielamy na podłoże cieką warstwę zaprawy i dalej postępujemy jak poprzednio.

Szemat wykonania metodą Sandwich II.

warstwa zaprawy cementow.	warstwa tłucznia	walec	warstwa zaprawy cement.	warstwa tłucznia	walec
---------------------------	------------------	-------	-------------------------	------------------	-------





A. Inwentarz.

Do wykonania nawierzchni dla jednej partii 18—20 robotników potrzebny jest następujący inwentarz:

1. walec motorowy 8-ton
1. betoniarka 350 lit.
12. żelaznych tacek
- 12 widel
- 12 łopat
- 12 mioteł piasawa
- 4 grabie
- 2 ściągaczki żelazne z wyźłobieniem 1,5 cm.
- 4 listwy żelazne gr. 40 m/m x 50 m/m dl. 1,5 m.
- 2 ściągacze metalowe o szer. 1,40 m.
- 300 m². papy dachowej
- 1 barak drewniany na cement
- rurociąg lub dwa beczkowozy
- 200 stalowych sworzni dl. 20—30 cm.

300 mb. drewnianej kantówki 10x12 lub 8x10
10 szt. kantówek 10x12 lub 8x10 wzmocnionych żelaznymi
kantówkami
2 młotki do tłuczenia tłucznia
komplet tablic i barier do zamknięcia drogi
Dzienna wydajność przy 8 godz. dziennie pracy wynosi
około 260 m².

B. Materiały.

Tłuczeń o wymiarach 4—6 i 3—5 cm. z skał twardych
o wytrzymałości powyżej 1200 kg/cm² (granit, piaskowiec,
bazalt, diabaz i t. p.).

Grys od 5—15 m/m ze skał jak tłuczeń

Piasek wolny od zanieczyszczeń. Piasek winien odpo-
wierać normom jak dla piasków używanych do nawierzchni
betonowych.

Cement winien odpowiadać normom cementów drogo-
wych.

Woda winna być zbadana na związki siarki.

C. Zapotrzebowanie materiałów na 1 m² nawierzchni.

Przy grubości nawierzchni — 10 cm.

Tłucznia 4—6 i 3—5 cm. na 1 m ² —	100 litr.
Grysu 5—15 m/m. na 1 m ² —	10 kg.
Piasku do zaprawy na 1 m ² —	50 litr.
Cementu na 1 m ² —	20—23 kg.
Piasku do przykrycia jezdni —	50 litr.

Zaprawa cementowa. Przy wykonywaniu metodą Sand-
wich I zaprawę cementową wykonuje się o stosunku ce-
mentu do piasku 1:3. Grubość warstwy wynosi około 4,5 cm.
Spółczynnik wodno-cementowy winien wynosić przeciętnie
0,6; w porze suchej i przy suchym piasku współczynnik ten
może być zwiększony.

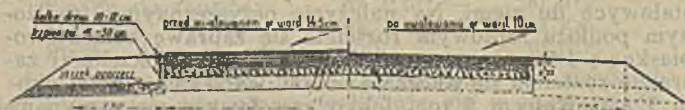
Przy wykonywaniu metodą Sandwich II (ulepszony)
pierwszą warstwę zaprawy cementowo-piaskowej wykonuje
się w stosunku cementu do piasku 1:5 i rozściela się na
grubość 1,5 cm., współczynnik wodno-cementowy 0,8. Druga
warstwa zaprawy o stosunku cementu do piasku 1:3 ma
grubość 4 cm., współczynnik wodno-cementowy 0,6.

D. Wykonanie roboty wg. Sandwich II.



Na krawędziach przyszłej jezdni układa się ograniczenie z kantówki, którą przymocowuje się za pomocą sworzni stalowych do ziemi. Na należycie oczyszczonym i zwilżonym podłożu szosowym rozściela się zaprawę cementowo-piaskową 1:5 warstwą grubości 1,5 cm. Na rozścielonej zaprawie rozściela się tłuczeń 4—6 cm. warstwą grubości około 5 cm. Walcem 8 ton. lekko zawałowuje się rozsypany tłuczeń i na lekko zawałowaną powierzchnię rozściela się zaprawę cementowo-piaskową 1:3. Dla uzyskania równomiernej grubości zaprawy równej 4 cm. ustawia się równoległe do osi jezdni w odległości 1,25 m, (przy 5 mtr. szer. jezdni) listwy stalowe lub rury o wymiarze 4 cm. Za pomocą ściązacza opierającego się na obok siebie leżących listwach ściąga się nadmiar zaprawy. Należy zwracać uwagę na konsystencję zaprawy, przy dużym dodatku wody zaprawa sływa na boki. Na rozeslaną zaprawę rozściela się tłuczeń o wymiarach 3—5 cm. w ilości około 50 litr./m² i następnie

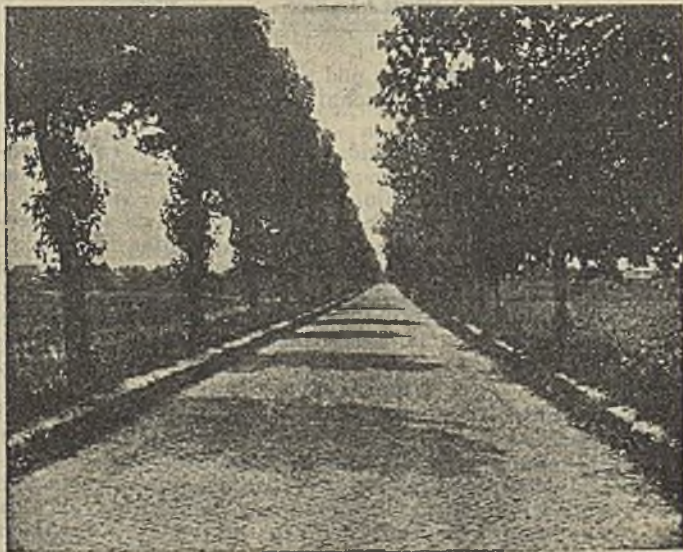
wałuje się walcem 8 ton. Wałowanie odbywa się do czasu aż zaprawa cementowa ukaże się na wałowanej powierzchni, nadmiar zaprawy ściąga się szczotkami piasawa; w miejscach gdzie zaprawa niedostatecznie doszła do dołu zalewa się płynną zaprawą 1:2. Grysik daje się po wystąpieniu zaprawy, w wypadku, gdy pod walcem następuje znaczne rozdrobnienie tłuczniwa użycie grysiku może być zbędne. Przy wykonywaniu robót należy brać pod uwagę czas wiązania cementu. Początek wiązania następuje po 1,5 do 2 godz., należy więc w tym czasie wykonać całą pracę, związaną z przygotowaniem zapraw i zawałowaniem nawierzchni. Nawierzchnię tłuczniowo-cementową wykonuje się bez spoin dylatacyjnych lub ze spoinami. Przy wykonywaniu nawierzchni bez spoin, przy zakończeniu dziennych robót układa się prostopadle do osi drogi — kantówki — na następny dzień, roboty zaczynają się od ułożenia kantówki przy czym walec nie może wjeżdżać na ułożoną w dniu poprzednim nawierzchnię. Po dwóch dniach kantówki wyjmuje się i miejsce po nich zarabia się ręcznie betonem tłuczniowym. Nawierzchnia bez spoin otrzymuje z czasem pęknięcia, które zalewa się zaprawą bitumiczną. W wypadku zastosowania spoin można wykonać nawierzchnię w następujący sposób: co 12—15 m. zakłada się płaskie żelazo, które następnie po 24 godzinach wyjmuje się i fugę zalewa się zaprawą bitumiczną. Pasy nawierzchni przylegające bezpośrednio do ułożonych podłużnie i poprzecznie kantówek ubija się ręcznie.



Utrzymanie nawierzchni polega na starannym zalewaniu zaprawą bitumiczną powstających pęknięć i łataniu wyboi, które w miarę zużywania się nawierzchni tworzą się na jezdni. Łatanie wyboi wykonujemy masami bitumicznymi na zimno, gdyż daje to możliwość praktycznego

wykonania napraw nawet przy małej ilości uszkodzeń. Masa bitumiczna powinna być uboga w lepiszcze, by po należytem skompromowaniu była możliwie twardą t. j. posiadała zbliżony współczynnik sprężystości do betonu. Po 3—10 latach w zależności od nasilenia ruchu, nawierzchnia winna otrzymać ciągły pokrowiec bitumiczny, gdyż dalsza konserwacja przez latanie wyboi może stać już się zbyt kosztowną.

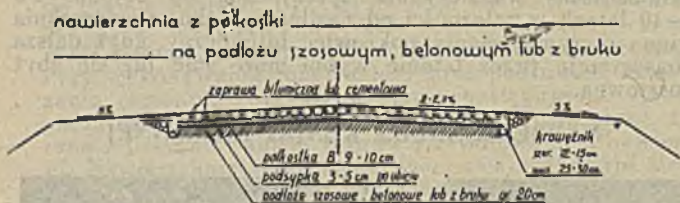
NAWIERZCHNIA Z KOSTKI KAMIENNEJ



Nawierzchnia z kostki nierregularnej na podsypce żwirkowej.

Nawierzchnia z kostki kamiennej średniej wielkości (od 7—12 cm. wysokości), budujemy wyłącznie na fundamentach — podłożach: z nawierzchni szosowej, płyty beto-

nowej z betonu żwirowego lub tłuczniowego, o zawartości 250 kg. cementu/m³ betonu i wreszcie na nawierzchni brukowanej kamieniem płytowanym lub nawet okrągłym.



Podłoża — fundamenty pod nawierzchnie kostkowe opisane są w dziale nawierzchni szosowych, brukowanych i betonowych.

Podłoża mogą stanowić nowe, lub stare nawierzchnie; w tym ostatnim wypadku nawierzchnia stara winna być odpowiednio wyremontowana. Grubość podłoża — fundamentu pod nawierzchnie kostkowe winna wynosić około 20 cm. Podłoże — fundament winien być wykonany według wymagań technicznych budowy nawierzchni i winien posiadać ściśle taki sam profil podłużny i poprzeczny, jaki ma mieć projektowana nawierzchnia kostkowa, o niwelecie niższej o 12, 13, 14 lub 15 cm. od niwelety nawierzchni kostkowej, w zależności od wysokości stosowanej kostki.

Krawężnik — stanowi ramy — opór dla nawierzchni i służy jako prowadnica przy wykonywaniu nawierzchni. Krawężnik należy ułożyć przed przystąpieniem do układania kostki. Ułożenie go należy ściśle według niwelety jezdni. Krawężnik winien być mocno osadzony, zamocowany od strony zewnętrznej przez dobre ubicie, najlepiej nazewnątrz krawężnika dać dobrze ubity pas, szerokości od 30 cm. tłucznia, utrwalony powierzchniowo, lub wgłębnie bitumem. Ponieważ przy układaniu krawężnika przeważnie naruszamy podłoże, należy po ustawieniu krawężnika podłoże (od wewnątrz) doprowadzić do stanu odpowiedniego, najlepiej naruszone części podłoża — wypełnić chudym betonem cementowym.

Podsypka.

W zależności od rodzaju użytej do nawierzchni podsypki dzielimy nawierzchnie kostkowe na:

- 1) nawierzchnie kostkowe na podsypce elastycznej
- 2) " " " " sztywnej.

Jako podsypka elastyczna może być użyty żwir kopalny o ziarnie od 0—10 mm, z pewną domieszką gliny (do 10%), lub też beton żwirowo-bitumiczny o uziarnieniu od 0—10 mm przygotowany na emulsji asfaltowej wolnowiążącej, rozcieńczonej 2—3 krotnie; ilość emulsji winna być taka, ażeby beton zawierał około 5% asfaltu objętościowo, t. j. 70—80 kg emulsji 55% na 1 m³ podsypki. Żwir lub podzwirek użyty do podsypki bitumicznej, winien być czysty, bez gliny i domieszek organicznych.

Jako podsypkę sztywną używamy betonu cementowego ze żwiru 0—10 mm, o składzie od 1:3 do 1:4. Żwirek winien odpowiadać normom betonów cementowych.

Na podsypkę pod nawierzchnię kostkową nie należy używać piasku, nawet, gdy stosujemy lepsze bitumiczne lub cementowe — szczególnie nie należy używać równoziarnistego lub b. drobnego piasku. Uziarnienie podsypki winno być takie, ażeby dawało gwarancję stałego ubicia podsypki. Podsypka nie powinna zawierać ziaren powyżej 10 mm, nie powinna jednak być drobniejsza od 5 mm. (max. ziarno).

Mniej więcej uziarnienie podsypki winno odpowiadać podanej niżej krzywej przesiewu

Układanie kostki — brukowanie.

Po wykonaniu podłoża i po osadzeniu krawężnika wraz z opaską (umocnieniem zewnętrznym) rozścielamy podsypkę pod bruk równą warstwą od 7—10 cm. Grubość warstwy podsypki w stanie luźnym zależy od jakości obróbki kostki, jej wysokości i od zdolności komprymacyjnej samej podsypki.

Kostkę należy układać tak, ażeby spoiny były możliwie najmniejsze i dobrze przewiązane. Można układać kostkę w dowolne figury, lub w mozaikę — kostka winna być tak osadzona przez brukarza, ażeby spoina od spodu była zapełniona podsypką; po ułożeniu kostki należy ją dobrze przybić młotkiem. Przy układaniu kostki należy założyć

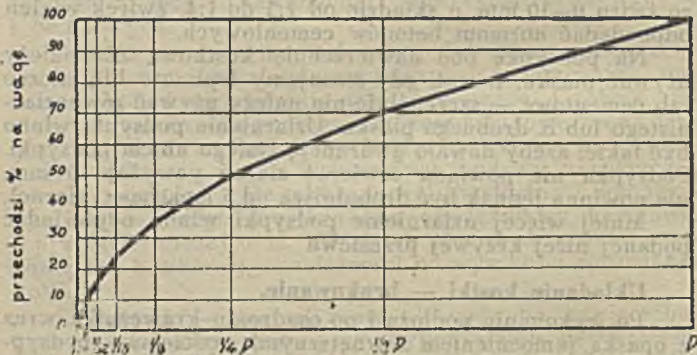
wysokość układania -- waha się ona od 3—5 cm. w zależności od rodzaju podsypki i formy kostki. Kostka po ułożeniu winna mieć profil podłużny i poprzeczny ściśle taki sam, jaki ma mieć po wykonaniu — tylko wzniesiony równoległe o zadaną wysokość ubicia.

Wydajność brukarza winna wynosić do 2,5 m² na godzinę.

Ubijanie kostki. Przy podsypkach elastycznych stosujemy 3-krotne ubijanie, przy podsypce sztywnej 2-krotne, ze względu na brak czasu.

Przed rozpoczęciem ubijania należy spoiny kostki zapęłnić zaprawą.

krzywa przesiewu podsypki _____



Jako zaprawę do zamulenia spoin używamy albo zaprawę żwirową — zaprawa żwirowa winna mieć ziarna od 1—6 mm., ziarna mniejsze od 1 mm. należy odsiać. Zaprawa winna mieć duży nadmiar wody i winna być wtarta szczotką w spoiny. Po zamuleniu należy bruk oczyścić szczotką tak, żeby każda kostka była widoczna.

Lepiej jest do zamulenia spoin używać zaprawy bitumicznej ze żwirku lub gysu, o wym. 1—6 mm., przygotowanej na emulsji wolnowiążącej, rozcieńczonej 2—3-krot-

nie. Ilość emulsji 55% winna wynosić około 120 litrów na 1 m³ żwirku lub grys. Zaprawę bitumiczną wcieramy tak, jak żwirkową szczotkami.

Przy stosowaniu podsypki cementowej do zamulenia spoin, należy użyć zaprawę cementową 1:2, ziarna żwirku winny wahać się od 0—3 mm.

Po zapełnieniu spoin zaprawą należy przystąpić do pierwszego ubijania; powinno być ono niezbyt mocne — pierwsze ubicie ma za zadanie osadzenie kostki. Po pierwszym ubiciu należy dopełnić spoiny zaprawą, przyczym do drugiego zamulenia należy używać zaprawy o możliwie dużej ilości wody.

Jeżeli spoiny są pełne i nie trzeba dopełniać, wówczas należy tylko bruk zlać wodą przy pomocy konewki i szczotką wetrzeć zaprawę i oczyścić bruk. Drugie ubicie powinno być ubiciem ostatecznym do żądanej niwelety.

Trzecie ubicie stosowane przy podsypkach elastycznych służy jako ostateczne wyrównanie nawierzchni; zamiast trzeciego ubijania pożądane jest przy podsypkach i zaprawach elastycznych stosować wałowanie bruku. Wałowanie winno odbywać się w kierunku podłużnym i w kierunku poprzecznym.

Po ostatecznym ubiciu należy jeszcze raz zamulić spoiny.

Czas pracy. Przy podsypkach i zaprawach żwirkowych czas układania i ubijania nie jest ograniczony.

Przy podsypkach i zaprawach bitumicznych układanie i ubijanie winno być skończone w czasie do 6 godzin.

Przy podsypkach i zaprawach cementowych układanie i ubijanie winno być skończone w czasie do 1,5—2 godzin.

Codziennie wykonana partia winna być ukończona ostatecznie — wiązania partii następnego dnia należy wykonać jako szczelinę dylatacyjną, zalaną następnie zaprawą asfaltową na gorąco lub na zimno.

Sprawa wykonywania spoin dylatacyjnych, tak jak dla naw. betonowych dotychczas jest jeszcze kwestją nie ustaloną.

Przy zastosowaniu szwów dylatacyjnych, winny być one wykonane dokładnie.

Oddanie do ruchu nawierzchni.

Przy podsypce i zaprawie żwirkowej lub bitumicznej nawierzchnia może być oddana do ruchu zaraz po wykona-

niu (przy stosowaniu emulsji **dobrze** jest odczekać do otwarcia ruchu kilka godzin).

Przy podsypce i zaprawie cementowej nawierzchnia może być oddana do ruchu po upływie 25 dni. Po wykonaniu nawierzchnia winna być pokryta piaskiem, warstwą grubości około 7 cm. i utrzymywana w stałe wilgotnym stanie przez cały czas twardnienia betonu cementowego.

Zalewanie spoin.

Jeżeli zachodzi wypadek, że w wykonanej nawierzchni na podsypce żwirowej chcemy zalać spoiny zaprawą bitumiczną, celem uszczelnienia bruku, należy przede wszystkim usunąć wszelkie usterki w nawierzchni a następnie spoiny wydmuchać przy pomocy sprężonego powietrza na głębokość około 5 cm. Nie należy stosować wyflukiwania spoin.

Zalanie wydmuchanych spoin możemy wykonać albo przy pomocy zaprawy na zimno, albo na gorąco.

Dla wykonania zalania na zimno stosujemy zaprawę z grysu 1—3 mm. zarobionego emulsją asfaltową wolnowiążącą nie rozcieńczoną. Przygotowaną zaprawę wcieramy szczotkami w spoiny. Robimy to dwukrotnie w odstępach od 4—8 godzin, przy czym ruch na zamulonym odcinku należy zamknąć do czasu, aż emulsja całkowicie się strąci i zwiąże.

Dla wykonania zalania na gorąco stosujemy zaprawę asfaltową twardą (około 22% asfaltu); wlewamy rozgrzaną do odpowiedniej temperatury (160°) zaprawę do odczyszczonych spoin specjalnymi garnczkami z dziobem. Zalewanie na gorąco należy wykonać tylko w czasie cieplej i suchej pogody.

Po wypełnieniu spoin ruch może być natychmiast otwarty.

Konserwacja nawierzchni.

Konserwacja dobrze wykonanej nawierzchni kostkowej powinna sprowadzać się do utrzymania spoin w stałe uszczelnionym stanie. Należy co pewien czas stosować zamulanie spoin zaprawą bitumiczną na zimno (emulsją). Uszczelnianie spoin należy wykonywać w odpowiedniej letniej porze. Nawierzchnię należy starannie oczyścić i zmyć

wodą (jeżeli spoiny były uszczelnione zaprawą bitumiczną lub cementową) i wetrzeć odpowiednią porcją nowej zaprawy.

Jeżeli na nawierzchni powstały wyboje i zmuszeni jesteśmy nawierzchnię łątać — łątanie gniazd należy wykonać na zaprawie cementowej, przy użyciu szybkowiążącego cementu.

NAWIERZCHNIE Z KLINKIERU.

Trwałość jezdni klinkierowych zależy nie tylko od materiału lecz i od należytego wykonania robót. Klinkier użyty do nawierzchni winien być zbadany laboratoryjnie przez Drogowy Instytut Badawczy czy odpowiada normom stawianym klinkierom drogowym. Dawniej nawierzchnie klinkierowe były u nas układane wyłącznie na piasku zwykłym sposobem brukarskim przy pomocy młotka. Obecnie sposób ten stosuje się jeszcze na robotach mniejszych, gdzie sprowadzenie specjalnego inwentarza nastęrcza trudności i nie opłaca się — natomiast na robotach większych, gdzie są już ustalone wymagania co do prawidłowości drogi w profilu podłużnym i poprzecznym, oraz zależy na szybkim tempie robót stosuje się już od kilku lat z dobrym skutkiem specjalny sposób organizacji i wykonania robót, stosowanym w Ameryce i dlatego zwany „amerykańskim“

Przy wykonywaniu budowy nawierzchni tym sposobem całokształt robót można rozdzielić na 4-y. zasadnicze części:

- 1) wykonanie podłoża,
- 2) układanie warstwy wyrównawczej,
- 3) układanie klinkieru i wałowanie,
- 4) wypełnienie spoin.

Podłoże w zależności od intensywności ruchu może być wykonane:

- 1) z makadamu zwirowego, ze szlaki, gruzu lub tłuczniwa,
- 2) z cegły lub klinkieru słabszych gatunków ułożonych na płask,
- 3) jako szosa tłuczniowa na pokładzie,
- 4) z betonu cementowego.

Podłoże przed ułożeniem klinkieru winno być starannie wyprofilowane do wymaganego profilu poprzecznego i podłużnego na; wyprofilowanie należy zwrócić baczną uwagę, gdyż wszelkie nierówności podłoża odbijają się z fotograficzną ścisłością na ułożonej i poddanej ruchowi nawierzchni.

przekrój poprzeczny now. klinkierowej na starej drodze tłuczniowej



Warstwa wyrównawcza.

Następną czynnością jest ułożenie t. zw. warstwy wyrównawczej piasku. Zadaniem warstwy wyrównawczej jest:

1. możność wyrównania niejednakowej wysokości ułożonego klinkieru przez zagłębienie go w warstwie w czasie wałowania i
2. filtracja wody przedostającej się z powierzchni jezdni przez spoiny pomiędzy klinkierem.

Przed wykonaniem warstwy wyrównawczej należy ułożyć obramowanie z klinkieru czyli t. zw. ławy.

Poza przeznaczeniem konstrukcyjnym ławy jako obramowania jezdni jest ona niezbędną gdyż na niej opiera się końcami i po niej porusza się szablon w/g którego układa się warstwę wyrównawczą. Ławy układa się pod sznur z 3 lub 4 rzędów klinkieru wzdłuż osi drogi na warstwie piasku grubości 2—3 cm. Ławy muszą być ułożone ściśle w/g projektowanej niwelety jezdni pod niwelator lub przy pomocy krzyży. Od strony zewnętrznej ława musi być umocowana podbrukowaniem kamieniem polnym lub klinkierem (połówkami) lub mocno ubitego tłucznia szerokości 50—40 cm. Grubość warstwy wyrównawczej po skompromowaniu winna być około 5 cm. Po zasypaniu ściąga się piasek szablonem i wałuje się ręcznym wałkiem o średnicy 70 cm. i obciążeniu około 5 kg. na 1 cm. b. szerokości wałka. W czasie wałowania piasek skrapia się wodą i słabsze miejsca ubija się ręcznymi klepakami.

Po doprowadzeniu warstwy do takiej twardości aby przy wchodzeniu nań ślady obuwia były słabo widoczne sprawdza się jeszcze raz profil szablonem i latą i wszelkie

niedokładności usuwa się drogą zeszkobania zbywającego piasku względnie podsypańia-zapadnięć. Wszelkie podsypki winny być starannie ubijane.

Układanie klinkieru.

Wymiary używanego u nas klinkieru drogowego oraz ilość na 1 m² nawierzchni przy układaniu na kant z uwzględnieniem strat przy transporcie są następujące:

220×100×80 m/m na 1 m² idzie 52 szt.

220×100×65 m/m na 1 m² idzie 62 szt.

Układanie klinkieru odbywa się w ten sposób że układacz stojąc na wykonanej nawierzchni układa klinkier na warstwie wyrównawczej ściśle jeden przy drugim, zwracając uwagę na to, aby do spoin nie nabierał się piasek.

Praktycznie spoiny będą od 2 do 8 m/m.

Klinkier układa się rzędami prostopadłymi do osi lub pod kątem 45° w jedlinkę podłużną lub poprzeczną.

Przy ławie klinkier należy docinać. Do układania klinkieru nie używa się brukarzy lecz zwykłych robotników, którzy szybko dochodzą do wprawy i układają na godzinę 5—8 m².

Po ułożeniu klinkieru na warstwie wyrównawczej jezdni jest chropowata wskutek kilkumilimetrowej tolerancji w wysokości klinkieru. Wyrównanie chropowatości i osadzenie klinkieru w warstwie wyrównawczej osiąga się przez wałowanie.

Wałuje się klinkier walcem motorowym dwukołowym (tandem) o wadze 3—5 ton i obciążeniu na 1 cm. b. długości bębna ok. 22 kg. Wałowanie odbywa się początkowo równolegle do osi zaczynając od ławy ku środkowi, a następnie pod kątem 45° w obydwu kierunkach.

Ilość przejść po jednym miejscu wynosi 6—8 razy.

Po ukończeniu wałowania dokładnie sprawdza się profil szablonem i łątą o długości 4 mtr. i miejsca zapadnięte lub garby oznacza się kredą dla dowalowania lub przełożenia.

Poza tym należy wymienić wszystkie sztuki pęknięte lub zgniecione w czasie wałowania. Klinkier uszkodzony wyjmuje się specjalnymi haczykami, tak, aby nie naruszyć sąsiednich klinkierów.



Zalewanie spoin.

Zalewanie spoin stosuje się:
bitumem na gorąco lub zimno,
zaprawą cementową 1:2,

Bitumy używane u nas do zalewania spoin są produkcji krajowej o małej zawartości parafiny o penetracji 80—100°.

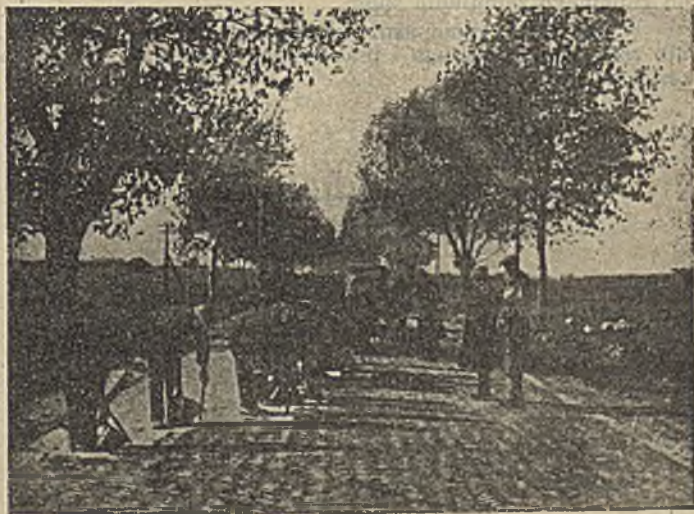
Przed użyciem asfalt podgrzewa się do temperatury 150—180° w kotłach ruchomych o pojemności 500—1000 litrów, zaopatrzonych w termometry.

Przed użyciem do asfaltu dodaje się piasek w ilości 35—40% objętości asfaltu. Piasek drobny bez domieszek organicznych musi być przesiany i nagrany na specjalnych żarowniach do temperatury 150°, aby nie obniżał temperatury asfaltu.

Piasek można zastąpić miałem, ceglany lub mączką wapienną.

Bardzo dobre wyniki daje stosowanie zaprawy asfaltowej o bardzo drobnym kruszywie (mączka).

Zalanie dokonywa się przy pomocy naczyń blaszanych o pojemności ok. 2 litr. zaopatrzonych w wydłużony dziób i izolowaną termicznie rączkę do trzymania. Wskazany



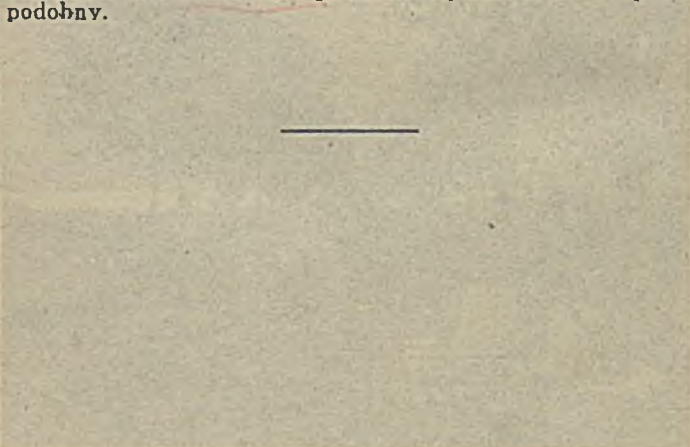
Zalanie spoin zaprawą asfaltową.

jest większe spoiny lekko wypełnić przed zalaniem grysiem lub żwirkiem uprzednio nagrzanym co bardzo wzmacnia trwałość asfaltu w spoinie i może dać oszczędności. Po pewnym czasie asfalt w spoinie osiada, należy dopełnić go do wierzchu, aby krawędź klinkieru była zabezpieczona.

Rozchód asfaltu na 1 m² ok. 6 kg. Bezpośrednio po zalaniu odcinek pokrywa się warstwą piasku lub żwirku i oddaje się do ruchu.

Ujemną stroną asfaltowania na gorąco w naszym klimacie jest całkowita zależność od warunków atmosferycznych: pogoda bezwzględnie musi być suchą. Dobre wyniki, szczególnie przy prowadzeniu robót na jesieni, daje stosowanie emulsji bitumicznych, Emulsja rozrobiona z drobnym piaskiem w specjalnym naczyniu rozlewa się na powierzchni bruku i rozprowadza się w spoiny przy pomocy gumowych zgarniaczy. Operację wykonuje się kilkakrotnie aż do zupełnego zamulenia spoin.

Wypełnianie spoin zaprawą cementową o stosunku 1:2, lub zamulanie żwirkiem i piaskiem wykonuje się w sposób podobny.



DZIAŁ VI.
Badania i stabilizacja gruntów.

BADANIA I STABILIZACJA GRUNTÓW

1. PROBLEM GRUNTÓW W BUDOWIE DRÓG.

Trwałość i dobroć nawierzchni drogowej zależy w dużej mierze od gruntu, na którym jest ona zbudowana, lub w wypadku nawierzchni gruntowej ulepszonej, z którą jest ona zbudowana. Nieznajomość właściwości gruntu, na którym droga została zbudowana, była powodem wielu katastrof i zniszczeń kosztownych jezdni. Jednym z pierwszych problemów, z jakimi inżynier drogowy spotyka się, są roboty ziemne. Musi on ustalić nachylenie skarp wykopu i nasypu, oraz wybrać i ustalić stopień do jakiego należy zagęścić grunt w nasypach, w celu uniknięcia ich późniejszego osiadania. Następnym zagadnieniem jest wyznaczenie wytrzymałości gruntu, na którym zostanie ułożony fundament drogi, lub z którego ewentualnie będzie zbudowany fundament. Ma to na celu umożliwienie wyznaczenia potrzebnej grubości nawierzchni i fundamentu. W krajach, gdzie w zimie panuje niska temperatura i są opady śnieżne, należy zbadać, czy dany grunt jest podatnym materiałem dla powstawania przełomów wiosennych. Jeżeli droga ma posiadać fundament stabilizowany, t.j. ze specjalnie utwalonego gruntu, to materiał musi być zbadany, czy się do tego nadaje, oraz, jaką metodę najlepiej jest zastosować.

Pierwszy problem do niedawna był rozwiązywany krótkim podaniem tablicy, w której powiadano, że nasypy powinny mieć skarpy o nachyleniu przynajmniej 1 : 1,5, a przekopy, przynajmniej 1 : 1. Dawano czasem również ogólne wskazówki co do zmniejszenia nachylenia w zależności od rodzaju gruntu. Ostateczny wybór pozostawiano budującemu. Niepewność tych danych, uwidoczniła szeregiem usuwisk w wykopach na liniach kolejowych, oraz w kanałach morskich, była pobudką do utworzenia w Szwecji i w Niemczech około roku 1916, komisji, które zajęły się problemem stałości skarp robót ziemnych. Wynikiem badań była t.zw. "Szwedzka metoda oznaczenia stateczności skarp." Metoda ta z małymi uzupełnieniami da się zastosować prawie wszędzie.

Problem skarp oraz wszystkie pozostałe problemy, wymienione powyżej, wymagają znajomości gruntów, które leżą na trasie budowanej drogi. W tym celu przeprowadza się sondowanie gruntu, a pobrane próbki, naruszone, bada się na miejscu w laboratorium polowym oraz przesyła do laboratorium centralnego dla zbadania bardziej dokładnego.

Działalność rozpoczęta w roku 1916 dała początek nauce, która obecnie nazywa się mechaniką gruntu. Właściwym jej pionierem jest prof. Karol Terzaghi, z pochodzenia Austriak, obecny profesor w Uniwersytecie Harvarda w Stanach Zjednoczonych. Jego dzieło p.t. „Erdbaumechanik,” wydane w roku 1925 w Wiedniu, stało się podstawą wszystkich dalszych badań, które od tego czasu są przeprowadzane na całym świecie. Zastosowanie praw mechaniki gruntu nie ogranicza się do dróg, ale obejmuje zagadnienia fundowania wszelkich budowli inżynierskich, jak n.p. : budynków, zapór wodnych, lotnisk i t.p.

Poniższe rozważania ograniczają się do zagadnień drogowych, przyczem szereg problemów będzie zahaczać o inne działy.

2. FIZYCZNE I MECHANICZNE WŁASNOŚCI GRUNTÓW.

Grunt jest to ta część skorupy ziemskiej, która nie jest scementowaną skałą. Składa się on z części mineralnych, organicznych, powietrza i wody. Grunty różnią się między sobą: wielkością ziarn, wzajemną proporcją ziarn o odpowiedniej frakcji (wielkości), ilości domieszek organicznych, oraz pochodzeniem geologicznym, składem petrograficznym i chemicznym ziarn mineralnych. Te różnice wpływają na takie cechy materiału, jak: przepuszczalność, zwięzłość, plastyczność, wytrzymałość na ściskanie i ścinanie, ciężar właściwy ziarn i ciężar objętościowy masy gruntu. Pojęcie o przepuszczalności, ściśliwości i plastyczności gruntu dają takie badania, jak: określenie granicy płynności, plastyczności i skurczu. Inne wartości można wprost zbadać i zmierzyć.

Grunt jest materiałem budowlanym, podobnie jak stal, beton, drzewo i t.p., ale w odróżnieniu od nich zmienia często swoje własności. Głównym powodem zmienności cech gruntu jest zmiana jego wilgotności. Woda gra decydującą rolę w odniesieniu do gruntów. Należy jednak pamiętać, że woda wywiera rozmaity wpływ na grunt w zależności od jego rodzaju. Dla przykładu weźmy dwa skrajne wypadki: piasek i il. Piasek jest najbardziej wytrzymały w stanie wilgotnym i to wtedy, gdy nie ma w nim ruchu wody gruntowej, lub gdy ruch ten jest w kierunku pionowym w dół. Znanym jest fakt, że bicie światowych rekordów samochodowych odbywa się na plaży piaszczystej bezpośrednio po odpływie morza, kiedy poziom wody gruntowej szybko opada, zmuszając ziarenka piasku do wzajemnego przylegania. W konsekwencji wytwarza się twarda, gładka powierzchnia. Il natomiast jest bardzo twardy i wytrzymały w stanie suchym, zaś traci zdolność nośności w miarę nawilgania. Pośrednie rodzaje gruntów zachowują się odpowiednio do tego, czy są bardziej piaszczyste, czy też ilaste. Dlatego przy projektowaniu budowli inżynierskich należy wprawdzie zbadać grunt, a potem przewidzieć, jakie mogą w nim zaistnieć najniekorzystniejsze stosunki wodne.

Przyjmuje się zgrubsza, że w gruncie znajduje się woda dwóch rodzajów:

- a. woda wolna, podlegająca normalnym prawom hydromechaniki, i
- b. woda adhezyjna, w postaci cienkich błonek dokoła ziarn, podlegająca zgoła odmiennym prawom.

Woda wolna da się usunąć przez działanie siły ciężkości.

Woda adhezyjna, przywierająca do powierzchni cząsteczek, jest znacznie bardziej lepka od wody wolnej i da się usunąć jedynie w podniesionej temperaturze.

Grubości błonek są różne w zależności od: składu chemicznego ziarn i stopnia jonizacji wody. Grubość błonek ma decydujący wpływ na kurczenie się gruntu przy wysychaniu i na wzajemne przyciąganie się

cząsteczek. Wpływ wody adhezyjnej jest tym większy, im mniejsze są cząsteczki tworzące dany grunt.

Grunty dzielą się pod względem wielkości ziarn na 4 główne rodzaje : żwiry ; piaski, muły (pyły) i ły. Tablica I. podaje granice wielkości ziarn poszczególnych rodzajów według norm amerykańskich. Naogół podane podziały przyjęto we wszystkich innych krajach.

TABLICA I.
Klasyfikacja gruntów ze względu na wielkość ziarn.

Rodzaj gruntu.	System międzynarod.	System Amerykańskiego Biura Gleb.*
	Średnica ziarn w m/m.	
Żwir	> 2.0	> 2.0
Piasek—gruby	2.0 — 0.2	2.0 — 0.25
drobny	0.2 — 0.02	0.25 — 0.05
Muł (pył)	0.02 — 0.002	0.05 — 0.005
Il	< 0.002	< 0.005

* Ten podział został zaproponowany w Polsce przez Drogowy Instytut Badawczy przy Politechnice Warszawskiej w r. 1938.

Grunty bardzo rzadko składają się z jednakowych ziarn. Są one mieszaniną ziarn o różnej wielkości. W zależności od wzajemnej proporcji ziarn, są n.p. grunty piaszczysto-mulaste, piaszczysto-ilaste, gliny, ilasto-żwirowe i t.p.

Tablica II. podaje podział gruntów zaproponowany w roku 1938 przez Drogowy Instytut Badawczy przy Politechnice Warszawskiej. Powyższa tablica pozwala jedynie na nadanie nazwy badanemu gruntowi. Właściwą klasyfikację przeprowadza się na podstawie wyników badań „Klasyfikacyjnych.”

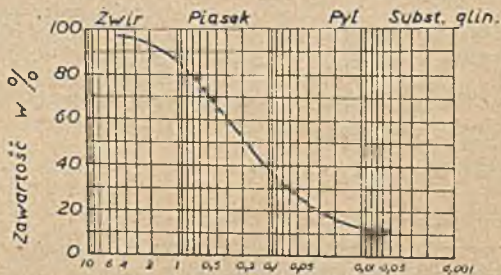
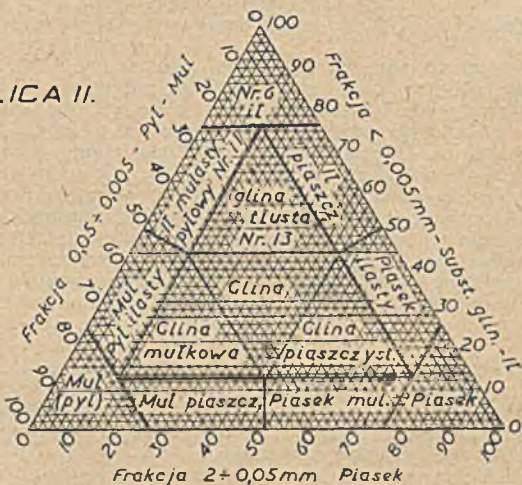
Z właściwości mechanicznych gruntów można rozróżnić : wytrzymałość na ściskanie i ścinanie, oraz odkształcenia pod wpływem obciążenia.

Grunt posiada wytrzymałość na ścinanie i ściskanie dzięki zazębianiu się wzajemnemu cząstek mineralnych (tarcie wewnętrzne), oraz dzięki ich wzajemnemu przyciąganiu się (kohezja). Grunty piaszczyste wykazują jedynie tarcie wewnętrzne, a grunty ilaste prawie wyłącznie kohezję. Stąd grunty piaszczyste są zwane gruntami niekohezyjnymi, czyli sypkimi, a grunty ilaste — gruntami kohezyjnymi czyli zwięzłymi.

Wzajemna zależność między wytrzymałością na ściskanie, kohezję i tarcie wewnętrzne, podaje prawo Coulomb'a :

Klasyfikacja gruntów w zależności od uziarnienia

TABLICA II.



Krzywa składu granulometrycznego gruntu

$$s = c + p \cdot \text{tang } Q.$$

gdzie: s — wytrzymałość na ściskanie,

c — kohezja,

p — ciśnienie pionowe,

Q — kąt tarcia wewnętrznego.

Wytrzymałość na ściskanie jest równa dwukrotnej wytrzymałości na ścinanie.

Pod wpływem obciążeń, ziarenka gruntu są zmuszone do wzajemnego zbliżenia się. Nastąpi ono tym szybciej, im większe są ich średnice. Budowle na gruntach sypkich nie wykazują naogół osiadania po ich wykonaniu, podczas gdy osiadanie ciężkich obiektów na gruntach ilastych ciągnie się latami. Niekorzystne uwarstwienie gruntu może jeszcze bardziej skomplikować zagadnienie.

Ze sprawą zmniejszenia osiadania i zwiększenia wytrzymałości nasypów jest ściśle związane pojęcie t.zw. „optymalnego stopnia wilgotności gruntu”. Przy ubijaniu gruntu należy go utrzymywać w pewnej charakterystycznej mu wilgotności, przy której uzyskuje się największe zagęszczenie stosunkowo najmniejszym wysiłkiem. Optymalny stopień wilgotności wyznacza się aparatem Proctor'a. Badanie to jest opisane w następnym rozdziale.

Wyjaśnienia do tablicy II.

Ustalenie nazwy gruntu odbywa się w sposób następujący:

Jednym z przyjętych sposobów laboratoryjnych (odsianie przez sita, metoda pipetowa lub areometryczna) ustala się „krzywą składu granulometrycznego” badanego gruntu i podaje w postaci wykresu w skali logarytmicznej uwidocznionej na rysunku.

Z przebiegu „krzywej uziarnienia” i jej przecięcia z rzędnymi odpowiednich wielkości ziaren ustalić można z łatwością % zawartości trzech zasadniczych składników:

	średnica ziaren w mm.
1. Substancji gliniastej (ił)	<0,005 (<0,002)
2. Pył (muł)	0,005 — 0,05 (0,002 — 0,02)
3. Piasek	0,05 — 2,00 (0,02 — 2,0)

Np. wg. przebiegu „krzywej uziarnienia” podanej na rysunku jest w przybliżeniu:

1. Substancji gliniastej (iłu)	12%
2. Pyłu (mułu)	16%
3. Piasku i żwiru — razem	72%

100%

Chcąc wyznaczyć odpowiedni punkt w trójkącie uziarnień ustalamy na boku — frakcja 0,005 mm. (subst. gliniasta) w kierunku strzałki, poczynając od pktu 0 punkt odpowiadający 12. Na boku — frakcja 0,05 — 0,005 mm. (pył) punkt odpowiadający 16.

Pkt. „16” przesuwamy wg. równoległej do boku „substancja gli-

niasta.“ Pkt. „12“ podobnie przesuwamy wg. równoległej do boku „piasek“ aż do przecięcia obu linii ze sobą. Punkt przecięcia wyznacza położenie badanego gruntu w trójkącie uziarnień i odpowiadającą mu nazwę wg. założonej klasyfikacji. Trzecia rzędna tego punktu będzie oczywiście 72 i odpowiadać będzie zawartości piasku i żwiru. Punkt wyznaczony znajduje się na pograniczu „gliny piaszczystej“, „piasku mulastego“ i „piasku.“

3. BADANIE GRUNTÓW.

Przy robotach i budowlach ziemnych normalny porządek postępowania jest następujący :

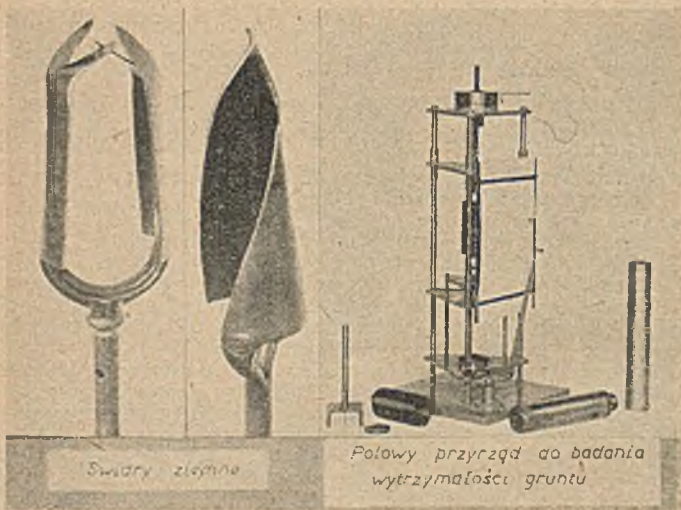
- a. przestudiowanie map geologicznych odnośnego terenu,
 - b. przeprowadzenie sondowań i pobranie próbek,
 - c. analiza rezultatów badań i ustalenie szukanych wielkości,
 - d. badania kontrolne w czasie budowy i po jej ukończeniu.
- a. Mapy geologiczne pozwolą na ogólne zorientowanie się w charakterze terenu, na którym ma być wytrasowana projektowana budowla.
- b. Sondowanie wykonuje się przy pomocy dołów próbnych — dających najlepszy wgląd w głąb terenu, ale kosztownych — oraz wierceń świdrami ręcznymi lub mechanicznymi przynajmniej co 25–50 m. Otwory próbne powinny być tak gęsto rozmieszczone, by pozwoliły na dokładne określenie granic występowania różnych rodzajów gruntów. Z otworów próbnych pobiera się naruszone i nienaruszone próbki gruntu tak często, jak tego wymaga zmienność charakteru gruntu, orientacyjnie — co 50 m. Głębokość sondowań zależy od budowli, przy czym dla dróg powinna ona wynosić przynajmniej 1 m. poniżej poziomu niwelety drogi. Cennych wskazówek może również dostarczyć zbadanie odkrywek w istniejących wykopach, cegielniach i t.p.

Próbki naruszone są to takie, których oryginalna struktura została zniszczona. Takie próbki wystarczą dla zwykłych badań klasyfikacyjnych i dla niektórych specjalnych. Badania wytrzymałościowe przeprowadza się na próbkach nienaruszonych, to znaczy takich, których struktura jest taka sama jak gruntu macierzystego w chwili ich pobierania. Próbki naruszone pobiera się świdren, łopatą lub t.p., zaś próbki nienaruszone pobiera się, wciskając w grunt specjalne cylindry wycinakowe, lub też w wypadku dołów próbnych, wycinając wprost kostkę gruntu ze ściany lub dna dołu.

Jeżeli próbki nie mogą być natychmiast zbadane, to należy je włożyć do naczynia i uszczelnić parafiną.

Jak widać z tych uwag, próbki nienaruszone można właściwie tylko pobierać z gruntów spoistych.

Próbki dla badań klasyfikacyjnych, reprezentujące każdy typ gruntu, powinny ważyć około 5 kg. Pobierać je najlepiej do pudeł lub puszek blaszanych, względnie drewnianych, przyczepiając do każdej etykiety na której są podane : data, miejsce pobrania, głębokość, wygląd danego gruntu, ewentualnie poziom wody gruntowej i t.p.



Swidry ziemne

Połowy przyrząd do badania wytrzymałości gruntu

Badania tych próbek można przeprowadzić wprost na miejscu lub w laboratorium centralnym. Na planie zaznacza się miejsca pobrania próbek, a wyniki zestawia się tabelarycznie tak, aby można było ostatecznie narysować profile podłużny i poprzeczne terenu.

Z badań specjalnych, na miejscu można przeprowadzić tylko próbę Proctor'a, badanie nośności metodą kalifornijską, oraz badanie wytrzymałości na ściskanie przenośnym aparatem połowym.

Uzyskany profil pionowy pozwoli na ustalenie miejsc, z których należy pobrać duże charakterystyczne próbki gruntu w celu przeprowadzenia na nich ostatecznych badań. Jeżeli jest projektowana stabilizacja gruntu, to te próbki będą 50-kilogramowe i oprócz badań klasyfikacyjnych zostaną wyznaczone: optymalny stopień wilgotności i maksymalny ciężar objętościowy, oraz potrzebny dodatek cementu względnie bitumów, czy też materiałów żywicznych. Średnie wyniki badań będą służyć jako wartości kontrolne w czasie budowy drogi.

Krótki opis badań klasyfikacyjnych.

Za wyjątkiem analizy mechanicznej i próby Proctora, wszystkie badania klasyfikacyjne są przeprowadzane na materiale przechodzącym przez sito amerykańskie Nr. 40. (brytyjskie B.8. Nr. 36). Jeżeli dany grunt zawiera materiał grubszy niż sito Nr. 40, to należy próbkę wysuszyć, najlepiej w suszarce przy temperaturze 105° C., a następnie sproszkować ją w móżdzierzu i przesiał przez sito Nr. 40, odrzucając ten materiał, który został na sicie. Analizę mechaniczną przeprowadza się na materiale naturalnym, zaś próbę Proctora na materiale przechodzącym przez sito Nr. 40.

Na końcu rozdziału jest podany minimalny zestaw do badania gruntów. Wartością najczęściej oznaczaną jest :

1. **Stopień wilgotności gruntu.** Jest to stosunek ciężaru wody w próbce do ciężaru części stałych, wyrażony w procentach. W celu jego wyznaczenia waży się próbkę gruntu przed i po wysuszeniu w suszarce. Wielkość próbki zależy od dokładności użytej wagi (n.ř. gdy waga ma dokładność do 1 g., to próbka powinna ważyć około 500 g.).

Stopień wilgotności oblicza się wzorem :

$$w = \frac{W_m - W_s}{W_s} \cdot 100, \%$$

gdzie : w = stopień wilgotności, %

W_m = ciężar próbki wilgotnej, g

W_s = ciężar próbki po wysuszeniu, g

$W_m - W_s$ = ilość wody w próbce.

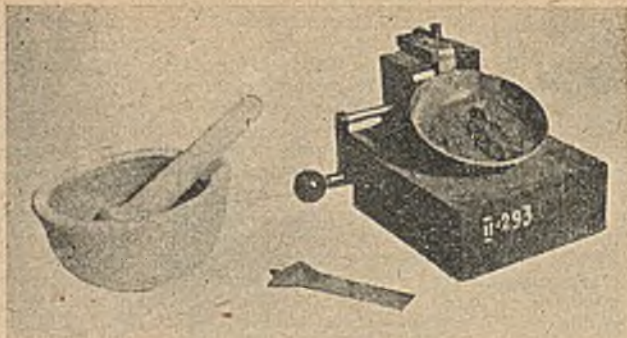
2. **Granica płynności.** Jest to stopień wilgotności, przy którym grunt przechodzi ze stanu plastycznego do stanu płynnego. Przyjęto, że jest to wtedy, gdy dwie połówki wilgotnego gruntu w czarce zejdą się ze sobą na długości 1 cm. pod wpływem 25 wstrząsów tej czarki. Wielkość tę wyznacza się wykreślnie, znajdując ilość wstrząsów potrzebnych dla zamknięcia rowka przy różnych wilgotnościach i rysując krzywą zależności ilości wstrząsów od stopnia wilgotności.

3. **Granica plastyczności.** Jest to stopień wilgotności, przy którym grunt przechodzi ze stanu plastycznego w stan stały. Grunt osiąga granicę plastyczności wtedy, gdy waleczek gruntu wałkowany dłonią na gładkiej płaszczyźnie zacznie kruszyć się przy średnicy = 3 mm.

4. **Wskaźnik plastyczności.** Jest to różnica arytmetyczna między granicą płynności i granicą plastyczności. Oznacza on ten zakres wilgotności, w którym grunt jest plastyczną masą.

5. **Granica skurczu.** Jest to taki stopień wilgotności, przy którym wysychająca próbka nie zmniejsza już swej objętości. Znajduje się ją przez kolejne wyznaczanie objętości schnącej próbki gruntu, ważąc ją równocześnie dla późniejszego wyznaczenia każdorazowego stopnia wilgotności.

Uwaga.—Granice płynności, plastyczności i skurczu znane są pod ogólnym mianem granic Atterberga.



Przyrząd do wyznaczania granicy płynności.

6. **Analiza mechaniczna.** Analiza mechaniczna służy do wyznaczenia wielkości ziarn próbki gruntu. Wymiary większych ziarn (do 0,07 mm. — sito amerykańskie Nr. 200) wyznacza się, przesiewając rozkruszony materiał przez znormalizowane sita. Odpowiednio spreparowaną próbkę należy wysuszyć w suszarce i rozkruszyć w moździerzu przy pomocy gumowego tłuczka. Następnie odważa się pewną ilość sproszkowanego materiału, n.p. 10 g, który przesiewa się przez sita Nr. 10, 40 i 200, ważąc frakcje zatrzymane na odpowiednich sitach. Wymiary drobniejszych ziarn wyznacza się, wykorzystując prawo Stokes'a, które mówi, że ziarna o jednakowej średnicy opadają w wodzie z jednakową szybkością, oraz podaje zależność szybkości opadania ziarn w wodzie od ich średnicy i ciężaru właściwego.

Prawo Stokes'a :

$$V \text{ cm} \cdot \text{sek} = \frac{2}{9} \cdot \frac{S - S_1}{n} \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

gdzie : V = szybkość opadania ziarn w wodzie,

S = ciężar właściwy ziarn,

S_1 = ciężar właściwy wody,

n = współczynnik lepkości = 0,00001 g. sek cm^2 dla wody o temperaturze 20° C.

Mierząc przy pomocy areometru gęstość wody wymieszanej z próbka gruntu po różnych okresach osiadania odpowiadających pewnym średnicom ziarn, można obliczyć ciężar ziarn jeszcze zawieszonych w wodzie w danym momencie. Wyniki analizy mechanicznej podaje się na wykresie semilogarytmicznym—*Tablica II.*

7. Równoważnik wilgotności polowej. Jest to minimalny stopień wilgotności, przy którym kropla wody spadająca na wyrównaną powierzchnię próbki, nie zostanie od razu pochłonięta, lecz rozejdzie się, pozostawiając błyszczący ślad. Daje on pojęcie o przepuszczalności gruntu.

Na podstawie wyników powyższych badań, grunt można sklasyfikować i zaliczyć do jednej z ośmiu grup oznaczonych A-1, A-2, . . . A-8 (klasyfikacja według United States Public Roads Administration).

Charakterystyka poszczególnych grup :

- A-1. Doskonały materiał, nadaje się na drogi gruntowe. Odpowiednia zawartość ziarn każdej wielkości, duża kohezja i tarcie wewnętrzne, małe kurczenie się, pęcznienie i kapilarność.
- A-2. Nadmiar ilu lub piasku, materiał gorszy od A-1.
- A-3. Prawie czysty piasek i żwir. Ustępuje pod naciskiem koła pojazdu, ale jest bardzo dobrym fundamentem dla wszystkich nawierzchni.
- A-4. Dominuje muł, brak kohezji, nasiąka wodą bardzo szybko, znacznie pęcznieje pod wpływem mrozu.
- A-5. Dominuje zawartość mułu jak w A-4, ale elastyczny nawet w czasie posuchy.
- A-6. Dominuje il. Praktycznie nieelastyczny i może być ubity do dużych gęstości, przyjmuje wodę bardzo powoli, przy wysychaniu znacznie kurczy się.
- A-7. Przeważa il, często elastyczny, może bardzo znacznie zmieniać swą objętość i powodować odkształcenia i pęknięcia nawierzchni betonowych.
- A-8. Zawiera bardzo dużo części organicznych, jest materiałem gąbczastym, znacznie osiada pod wpływem obciążenia. Powinien być omijany we wszelkiego rodzaju budowach.

W Ameryce istnieją jeszcze dwie inne klasyfikacje, a mianowicie :

- 1) dla budowy lotnisk,
- 2) rolnicza.

Oznaczanie ciężaru właściwego ziarn. W laboratorium używa się do tego celu małego zamkniętego naczynka o znanej objętości, n.p. 50 cm.³, do którego wysypuje się n.p. 10 g. wysuszonego i sproszkowanego gruntu. Następnie wypełnia się naczynko wodą i waży na wadze analitycznej. Znając ciężar pustego naczynka, można obliczyć ciężar właściwy próbki wzorem :

$$C_w = \frac{W_s}{W_s - (W_2 - W_1)} \text{ , g/cm}^3.$$

gdzie : C_w — ciężar właściwy gruntu,

W_s — ciężar suchej próbki gruntu, = 10 g.

W_1 = ciężar naczynka wypełnionego wodą = ciężar pustego naczynka. + 50g.

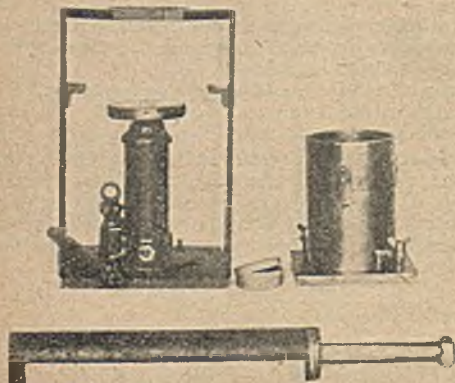
W_2 = ciężar naczynka + sucha próbka + woda.

Oznaczenie optymalnego stopnia wilgotności — próba Proctora.

Jest to obecnie jedno z podstawowych badań przy wszelkiego rodzaju robotach ziemnych. Jak wspomniano poprzednio, jest to taki stopień wilgotności gruntu, przy którym ubijana próbka osiągnie największy ciężar objętościowy. Ogólnie przyjętym sposobem jest ubijanie próbki gruntu w trzech warstwach w metalowym cylindrze, dając każdej warstwie 25 uderzeń. Przyjęto taki sposób ubijania, ponieważ z badań okazało się, że odpowiada on najlepiej zagęszczeniu uzyskiwanym w praktyce na budowach. Przyrząd ma wymiary następujące: średnica cylindra = 10 cm., objętość = 943 cm.³ (1/30 stopy sześciennej), waga ubijaka = 2,5 kg. Ubijak spada za każdym razem z wysokości 30 cm. Wykonuje się serię prób przy coraz większym stopniu wilgotności. Znając za każdym razem wilgotność próbki i jej ciężar, można obliczyć jej ciężar, jakiby ona miała po wysuszeniu, wzorem :

$$W_s = \frac{W_m}{1 + \frac{w}{100}}, \text{ g.}$$

gdzie : W_s = ciężar próbki po wysuszeniu,
 W_m = ciężar próbki mokrej,
 w = stopień wilgotności próbki,



Sprzęt do próby
Proctora



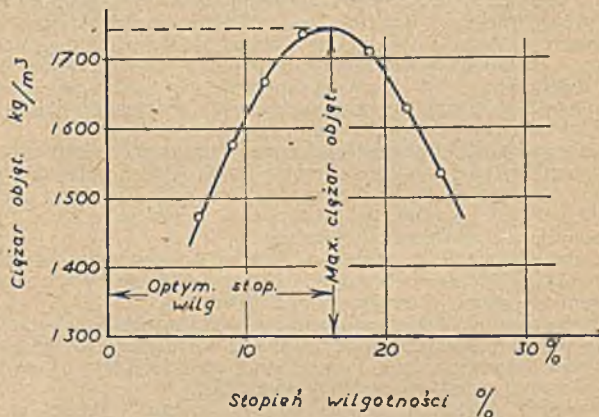
Piknometr

Ciężar objętościowy C_o jest to jednostkowy ciężar próbki, czyli :

$$C_o = \frac{W_s}{V}, \text{ g/cm.}^3$$

gdzie : V = objętość próbki = 943 cm.^3

Wynikiem badania będzie krzywa, która normalnie przybierze kształt jak na rys. Stopień wilgotności, odpowiadający największemu ciężarowi objętościowemu, nazywa się optymalnym stopniem wilgotności, a ciężar nazywa się maksymalnym ciężarem objętościowym.



Zależność ciężaru objętościowego od stopnia wilgotności.

Zachowanie na budowie optymalnego stopnia wilgotności i maksymalnego ciężaru objętościowego jest jedną z gwarancji, że budowa nie będzie osiadać, będzie trwała, oraz, że będzie wykonana prawdopodobnie najmniejszym kosztem.

Kontrola stopnia wilgotności na budowie. Kontrolę stopnia wilgotności przeprowadza się przez częste jego badanie. Do tego celu dobrze nadaje się piknometr. Jest to taki sam przyrząd, jak przy wyznaczaniu ciężaru właściwego, ale o wiele większy i prostszy.

Stopień wilgotności oblicza się wzorem :

$$w = \frac{100 W_m (C_w - 1)}{C_w (W_3 - W_1)} - 100, \%$$

gdzie : w — stopień wilgotności,

W_m — ciężar wilgotnej próbki,

C_w — ciężar właściwy wody,

W_1 — ciężar piknometrę wypełnionego wodą,

W_3 — ciężar piknometrę + woda + wilgotna próbka.

Jak widać ze wzoru, najpierw trzeba znać ciężar właściwy próbki. Wyznacza się go jeden raz dla danego typu gruntu przy pomocy piknometru, zwykłym sposobem, używając suchą próbkę o ciężarze 500 g.

Postępowanie przy właściwym pomiarze jest następujące :

500 g. wilgotnego gruntu wsypuje się do słoja wypełnionego częściowo wodą. Po zakręceniu przykrywy, wstrząsa się aparat przez 1 — 2 minuty. Następnie dolewa się wody do pełna i waży. Cała próba trwa 5 — 10 minut.

Kontrola ciężaru objętościowego na budowie. Normy zwykle mówią, że grunt na budowie musi być ubity przynajmniej do 95% wartości otrzymanej próbą Proctora. Kontrolę tego wykonuje się różnymi metodami. W gruntach nie-kamienistych można wycinać próbki cylindrami o znanej objętości. Po wyznaczeniu stopnia wilgotności, oblicza się ich suchy ciężar objętościowy. W gruntach kamienistych wykopuje się dolki, których objętość mierzy się, wsypując do nich znaną ilość piasku oraz wyznaczając stopień wilgotności usuniętego materiału.

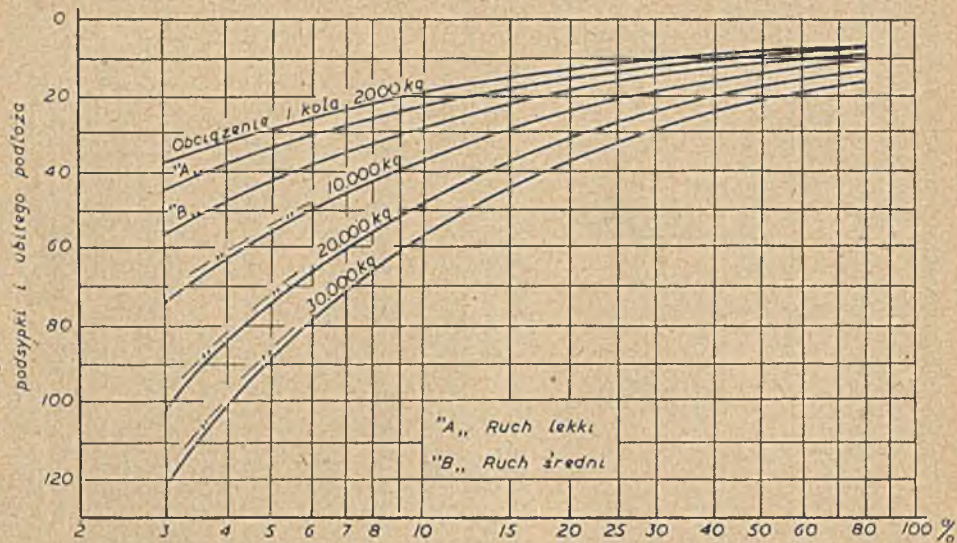
Pomiar wytrzymałości gruntu na ściskanie. Nienaruszone lub naruszone, w zależności od zagadnienia, cylindryczne próbki gruntu o średnicy około 3,5 cm. i długości około 7,5 cm., poddaje się ścisaniu w przenośnym aparacie. Próbkę uzyskuje się, wciskając w grunt przyrząd w formie metalowej rurki z zaostrowym obrzeżem.

Poznanie wytrzymałości gruntu na ściskanie pozwala na rozwiązanie zagadnienia nachylenia skarp nasypu i wykopu, wielkości parcia ziemi na mury oporowe, grubości nawierzchni drogowej i t.p.

Bardziej dokładne badania mogą być przeprowadzone w laboratorium centralnym takimi aparatami, jak n.p. aparat do mierzenia wytrzymałości na ścinanie (ang. shear box), aparat do badania próbek na ściskanie trójosiowe (ang. triaxial compression apparatus).

Kalifornijska metoda oznaczenia nośności gruntu. Polega ona na pomiarze siły potrzebnej do wciskania tłoka o przekroju 19,35 cm² (3 cale kwadratowe) do głębokości 1,26 cm. (0,5 cala), w próbkę gruntu, wypełniającą cylinder o średnicy 15 cm. i wysokości 20 cm. Wartości otrzymane dla zagłębienia do 0,25 cm.; 0,51 cm.; 0,76 cm. i 1,27 cm. (0,1" ; 0,2" ; 0,3" ; 0,4" i 0,5") oblicza się jako procent odpowiednich wartości standartowych. Minimalna wielkość jest t. zw. kalifornijskim współczynnikiem nośności (ang. California Bearing Ratio); zwykle minimalną wielkość otrzymuje się dla zagłębienia 0,25 cm. Odpowiednie wykresy podają zależność między tym współczynnikiem nośności, a potrzebną grubością nawierzchni plastycznej — niesztynnej i jej fundamentu, dla przewidywanego ruchu pojazdów. Metoda ta jest stosowana w Ameryce do wyznaczania grubości nawierzchni drogowych i bieżni na lotniskach.

Krzywe na Tablicy wyznaczone na podstawie badań zachowania się nawierzchni plastycznych i ich fundamentów o różnych grubościach pod wpływem ruchu pojazdów o różnych ciężarach. Wyniki badań w polu powiązane z badaniami laboratoryjnymi.



Kalifornijski współczynnik nośności w, %

przy zagłębieniu tłoka = 2,5mm.

Ciśnienie potrzebne dla zagłębienia tłoku w materiał standardowy są następujące :

Zagłębienie.		Ciśnienie.	
cale	cm.	lb./cal. kw.	kg./cm. ²
0,1	0,25	1000	70,2
0,2	0,51	1500	105,3
0,3	0,76	1900	133,5
0,4	1,01	2300	161,5
0,5	1,27	2600	182,5

Przykład ; Badanie nośności ubitego nasypu przy pomocy przyrządu kalifornijskiego (California Bearing Apparatus) stwierdziło, że dla wciśnięcia tłoka tego przyrządu na głębokość 0,25 cm., potrzebne jest ciśnienie 10,5 kg./cm.² Przewiduje się na drodze ruch średni, t.zn. 1 koło najcięższego pojazdu waży 5000 kg.

Jaka musi być grubość nawierzchni i fundamentu ?

$$\text{Współczynnik nośności} = \frac{10,5}{70,2} \cdot 100 = 15\%.$$

W tablicy dla tego współczynnika i dla obciążenia 5000 kg. znajdziemy, że nawierzchnia i fundament muszą mieć grubość 22 cm. Oczywiście materiał znajdujący się nad materiałem badanym, musi mieć współczynnik nośności większy od 15%.

Wyznaczenie potrzebnego dodatku cementu przy budowie dróg gruntowo-cementowych. Jeżeli nie można przeprowadzić dokładnych badań przewidzianych przez normy amerykańskie, a polegających na kolejnym zamrażaniu i odmrażaniu, moczeniu i suszeniu kostek mieszaniny gruntowo-cementowej, to można zadowolić się wyznaczeniem wytrzymałości na ściskanie próbek zawierających różne ilości cementu. W Wielkiej Brytanii przyjmuje się, że taka ilość cementu jest wystarczająca, która daje wytrzymałość siedmiodniową przynajmniej 15 kg./cm.². Próbkę przyrządza się podobnie jak normalne próbki betonu.

4. STABILIZACJA GRUNTÓW.

Stabilizacja gruntów, czyli utwalenie gruntów ma na celu nadanie naturalnemu materiałowi takich własności, by stał się on dobrym fundamentem dla nawierzchni ciężkich lub też służył jako nawierzchnia dróg drugorzędnych.

Osiągnąć to można przez :

- 1) dobranie materiałów o takim uziarnieniu, które daje minimum próżni, czyli stabilizacja mechaniczna,
- 2) dodanie cementu, czyli grunto-cement,
- 3) dodanie bitumów,
- 4) dodanie do gruntu materiałów żywicznych w celu uodpornienia go na wilgoć,
- 5) kombinacja powyższych sposobów.

Stabilizacja gruntów ma następujące zalety :

- a) pozwala na wykorzystanie miejscowych materiałów, co daje oszczędność na transporcie,
- b) używa się materiały tanie,
- c) budowa jest szybka.

UWAGI: 1. Budowę muszą poprzedzić badania gruntu na trasie projektowanej drogi.

2. Za wyjątkiem bardzo krótkich odcinków, budowa musi być prowadzona sprzętem mechanicznym.

3. W czasie budowy muszą być ściśle przestrzegane uprzednio określone warunki techniczne.

1. Stabilizacja mechaniczna.

Stabilizacja mechaniczna polega na dobraniu takiego materiału, który po ubiciu będzie mieć minimalną ilość próżni. Czasami napotyka się na naturalny grunt o uziarnieniu odpowiadającym normom, ale częściej trzeba będzie poprawić uziarnienie gruntu przez zmieszanie go z innym. Dla utwalenia piasków trzeba do nich dodać żwiru, który da wytrzymałość na uderzenia, oraz mułu i łu, które będą wypełniaczem i lepiszczem cementującym mieszaninę po ubiciu. Jeżeli grunt jest gliniasty, to potrzebna jest domieszka kruszywa.

Badania wykazały, że warstwa stanowiąca nawierzchnię potrzebuje więcej materiału wiążącego (ilastego), aniżeli warstwa będąca fundamentem. Jest to spowodowane różnicą warunków pracy nawierzchni i fundamentu : nawierzchnia jest narażona na tracenie wilgoci na skutek parowania, czego niema w fundamencie przykrytym nieprzepuszczalną nawierzchnią. Znane są wypadki, że drogi gruntowe, które przez długi czas wytrzymały nawet pokaźny ruch, zaczęły niszczyć po przykryciu ich nawierzchnią bitumiczną. Stało się to zapewne na skutek kapilarnego podmakania fundamentu, który wobec odjęcia możliwości odparowania nadmiaru wody, rozmakał i poddawał się pod naciskiem przejeżdżających pojazdów.

Normy amerykańskie przewidują dwa typy uziarnień dla nawierzchni i dwa typy uziarnień dla fundamentów, przy czym dla ruchu mieszanego animalno-motorowego nadają się lepiej typy B.

NAWIERZCHNIA.

Typ A.

Przechodzi przez sito :	Procent wagowo :
25,4 mm. (1")	100
Nr. 10	65 — 100

Uziarnienie materiału przechodzącego przez sito Nr. 10 powinno być następujące :

Nr. 10	100
Nr. 20	55 — 90
Nr. 40	35 — 70
Nr. 200	8 — 25

Typ B.

Przechodzi przez sito :	Procent wagowo :
25,4 mm. (1")	100
19,0 mm. (¾")	85 — 100
9,5 mm. (¾")	65 — 100
Nr. 4	55 — 85
Nr. 10	40 — 70
Nr. 40	25 — 45
Nr. 200	10 — 25

Cechy materiału przechodzącego przez sito Nr. 40 :

Wskaźnik plastyczności 4 — 9, granica płynności nie wyższa jak 35, przez sito Nr. 200 powinno przejść nie więcej jak 2/3 tej frakcji.

FUNDAMENT.

Typ A.

Taki sam, jak dla nawierzchni.

Typ B.

Materiał przechodzący przez sito Nr. 40 powinien mieć następujące cechy : Wskaźnik plastyczności nie wyższy jak 6, granica plastyczności nie wyższa jak 25, przez sito Nr. 200 nie powinno przejść więcej jak $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ tej frakcji. Jeżeli materiał ulepszonej drogi gruntowej nie odpowiada powyższym normom, to należy jego uziarnienie i cechy charakterystyczne poprawić przez dodanie innego gruntu. Ilość wymaganego dodatku jest stosunkowo najłatwiej oznaczyć metodą graficzną.

Maksymalny wymiar ziarn.

Przechodzi przez sito : 25,4 mm. = 1". 50,8 mm. = 2". 76,2 mm. = 3".

procent wagowo.

76,2 mm. (3")	—	—	100
50,8 mm. (2")	—	100	65 — 100
38,1 mm. (1,5")	100	70 — 100	—
25,4 mm. (1")	100	55 — 85	45 — 75
19,0 mm. (¾")	70 — 100	50 — 80	—
9,5 mm. (¾")	50 — 80	40 — 70	30 — 60
Nr. 4	35 — 65	30 — 60	25 — 50
Nr. 10	25 — 50	20 — 50	20 — 40
Nr. 40	15 — 30	10 — 30	10 — 25
Nr. 200	5 — 15	5 — 15	3 — 10

Budowa i wykonanie. Najprymitywniejszym przykładem utrwalania dróg gruntowych tą metodą jest od dawna stosowane stopniowe nawożenie kruszywa na drogi gruntowe i wgniatanie go w grunt przy pomocy przejeżdżających pojazdów. Jest to sposób rozrzutny, wymagający o wiele większych ilości kruszywa, aniżeli, gdyby od razu dodać wymaganą ilość na danym odcinku. Przy stopniowym bowiem dowożeniu, żwir jest wgniatany, zwłaszcza w czasie wiosennych roztopów o wiele głębiej, aniżeli jest rzeczywiście potrzeba. Równocześnie jest to powolny sposób ulepszenia stanu dróg, a nawierzchnia jest przez długie okresy czasu wyboista. Lepiej jest zwozić żwir kopalny, jeżeli taki znajduje się w pobliżu, gromadzić go na poboczach wzdłuż drogi i dopiero po uzbieraniu odpowiedniej ilości, rozsypać, wymieszać z materiałem jezdni, zwilżyć i uwałować. W ten sposób uzyska się na dłuższym odcinku utwardzoną nawierzchnię, która powinna przetrwać, w zależności od ruchu i konserwacji, 4 — 5 lat.

Jeżeli stabilizację chce się przeprowadzić szybko, to należy postarać się o odpowiedni zestaw maszyn i zespół ludzi. Ilość i rodzaj maszyn zależy od metody budowy i od wymaganej szybkości.

Podobnie jak w innych rodzajach stabilizacji, można zastosować :

- mieszanie materiału wprost na miejscu przy pomocy maszyn rolniczych : kultywatorów, bron i pługów ; wymieszaną masę ubija się walcami kołkowymi, ogumionymi i gładkimi ;
- mieszanie maszynami specjalnie do tego zaprojektowanymi, ruchomymi lub ;

c. mieszanie centralne maszynami nieruchomymi.

Ubijanie mieszaniny jest takie same przy każdej metodzie.

Każda z tych metod ma swoje zalety i wady. Główną zaletą mieszania wprost na miejscu jest to, że sprzęt jest nieskomplikowany, stosunkowo łatwy do uzyskania, nawet w prymitywnych warunkach.

Główną wadą jest to, że trudno jest wymieszać materiał zupełnie jednolicie.

Główną zaletą mieszania maszynowego jest dobre wymieszanie materiału i łatwa jego kontrola, zaś główną jego wadą jest wysoka cena i trudność uzyskania maszyn. W odpowiednich warunkach, dla stosunkowo małych robót, gdy nie zależy na pośpiechu, można zastosować mieszanie w betoniarkach.

Poniżej jest podany krótki program prac przy budowie.

Do budowy przystępuje się po uprzednim zbadaniu gruntu, które ustaliło, czy materiał w jezdni jest dobry, czy też wymaga dodatków.

Czynności dadzą się podzielić następująco :

1. przygotowanie terenu,
2. wytyczenie i wypalikowanie jezdni,
3. ewentualne dowiezenie i rozrzucenie materiału dodatkowego,
4. zrycie, spulchnienie i wymieszanie materiału,
5. dodanie wody i mieszanie na mokro,
6. ubicie wymieszanej warstwy.

1. Przygotowanie terenu polega na usunięciu z trasy drogi trawy, pniaków, większych kamieni i nadaniu spadków podłużnych i poprzecznych, pamiętając zawsze o odwodnieniu.

2. Wytyczenie i wypalikowanie. W odległości 1,5 m. od krawędzi jezdni wbija się na obu poboczach kołki wysokościowe. Wszystkie kołki mają wystawać dokładnie tak samo ponad ostateczną niweletę jezdni n.p. 15 cm. Spadki podłużne, poprzeczne, i grubość nawierzchni kontroluje się w czasie budowy przy pomocy krzyży mierniczych ustawionych na kołkach, oraz przez rozpięcie linki między odnośnymi kołkami, odmierzając od niej w dół ustaloną wysokość.

3. Jeżeli uziarnienie i właściwości gruntu w jezdni nie odpowiadają normom, to poprawia się je przez dodanie innego gruntu. Ten dowieziony materiał należy równomiernie rozrzucić na drodze. Jeżeli jest to mokra glina, to trzeba ją wpiern wysuszyć, układając w pryzmach wzdłuż drogi.

4. Grunt należy zryć na taką głębokość, aby warstwa po ubiciu miała 15 — 25 cm., w zależności od przewidywanego ruchu, rodzaju podłoża, klimatu i t.p. Po zryciu oskardnikiem wzgl. kultywatozem, materiał rozdrabnia się i miesza przy pomocy bron, plugów lub specjalnych mieszarek obrotowych. Maszyny te krążą na budowanym odcinku jedna za drugą, tworząc „pociąg.“ Gdy materiał jest już dostatecznie rozdrobniony, należy zbadać jego średnią wilgotność dla wyznaczenia ilości wody potrzebnej dla podniesienia stopnia wilgotności do optymalnego.

5. Wodę dodaje się stopniowo przy pomocy polewaczek, mieszając materiał jak poprzednio.

6. Po uzyskaniu jednolitej mieszaniny o wilgotności nieco wyższej od optymalnej, ze względu na parowanie w czasie ubijania, i po nadaniu spadków podłużnych i poprzecznych, można rozpocząć wałowanie, które powinno trwać tak długo, aż walec gładki nie pozostawi po sobie śladów.

Wytrzymałość i bezpylnosć takiej nawierzchni zapewni się jeżeli stale zostanie utrzymane początkowe zagęszczenie i stopień wilgotności. W zmiennym klimacie i przy znaczniejszym ruchu jest to trudne i dlatego pożądanym jest dodanie do gruntów takich domieszek, które będą utrzymywać drogę w stanie wilgotnym. Takimi środkami są: chlorek wapnia i chlorek sodowy (sól kuchenna). Materiały te można stosować: 1. powierzchniowo, posypując nimi nawierzchnię na wiosnę w ilości około 0,5 kg./m. kw., względnie 2. dodając około 8 kg. soli na 1 m.³ materiału w czasie budowy, co jest równoważne z 1,5 kg./m. kw. warstwy o grubości 20 cm. Te dodatki chemiczne zmniejszają równocześnie wrażliwość ubitej warstwy na mróz.

Jeżeli buduje się przy pomocy mieszarek mechanicznych, to procedura opisana powyżej odpowiednio się zmieni.

Jeżeli taka jezdnia ma być trwała, to należy pamiętać o następujących warunkach:

- a. nie można jej budować na podłożu nieprzepuszczalnym, bez odpowiedniej warstwy filtrującej.
- b. podłoże i ewentualnie warstwa filtrująca muszą być na tyle wytrzymałe, by nie uległy zniszczeniu pod wpływem sprzętu poruszającego się po nich w czasie budowy,
- c. nie można budować w porze deszczowej, gdyż nie uzyska się odpowiedniego zagęszczenia warstwy,
- d. ruch pojazdów nie może przekroczyć maksymalnego, przewidzianego dla nawierzchni o danej grubości.

Konserwacja. Konserwacja polega na:

1. Utrzymaniu nawierzchni w takim stanie, by była ona gładka, twarda i wolna od luźnego materiału.
2. Utrzymywaniu minimalnego spadku poprzecznego = 4%.
3. Posypywaniu lub polewaniu, w miarę potrzeby, środkami pyłochłonnymi: solami, bitumami.

2. Stabilizacja przy pomocy cementu, czyli „grunto-cement.“

Dobroć nawierzchni, względnie fundamentu grunto-cementowego zależy od wielu czynników, a m.in. od:

- a) rodzaju gruntu,
- b) zawartości cementu,
- c) stopnia wilgotności przy ubijaniu,
- d) stopnia ubicia.

a. Jako orientację, przepisy amerykańskie podają, że grunt powinien

odpowiadać następującym danym :

Wielkość ziarn : maksymalna 7,5 cm. (3"), przynajmniej 50% powinno przejść przez sito Nr. 4, przez sito Nr. 40 powinno przejść 15 — 100%, zaś maksymalnie 50% może przejść przez sito Nr. 200. Oprócz tego : granica płynności nie wyższa niż 40, wskaźnik plastyczności nie wyższy jak 18, grunt nie powinien zawierać więcej jak 2% części organicznych.

Praktycznie, każdy grunt, który da się rozdrobnić ekonomicznie tanio, może być użyty do stabilizacji przy pomocy cementu.

b. Zawartość cementu. Ilość cementu jest określana w Ameryce jako procent objętości gotowej ubitej mieszanki grunto-cementowej. W W. Brytanii określa się go wagowo, zaś w Niemczech określa się w kg. cementu na 1 m.³ ubitej mieszanki.

Przyjmijmy, że 1 m.³ cementu waży 1.500 kg., a jeden worek cementu waży 50 kg. i ma objętość 0,033 m.³. Zatem 1 m.³ cementu mieści się w 30 workach. Stąd objętościowa zawartość cementu n.p. 12% oznacza $0,12 \times 30 = 3,6$ worków cementu w 1 m.³ ubitego grunto-cementu.

Ilość potrzebnego cementu w grunto-cemencie waha się w zależności od rodzaju gruntu, klimatu i ruchu i wynosi od 7% do 15%. Jak wspomniano już poprzednio, wyznacza się tę ilość, badając wytrzymałość próbek mieszanin grunto-cementowych na ściskanie oraz na wietrzenie (12 cykli moknięcia i schnięcia i 12 cykli zamrażania i odmarzania). Szczegóły tych badań można znaleźć w normach amerykańskich.

c) Stopień wilgotności. W czasie ubijania mieszanki, w celu uzyskania jak największego jej zagęszczenia, wilgotność mieszanki grunto-cementowej powinna być równa, lub nieco wyższa od optymalnej.

d) Stopień ubicia. Stopień ubicia powinien być taki, by ciężar objętościowy był przynajmniej równy 95% maksymalnego ciężaru wyznaczonego próbą Proctor'a.

Dobroć mieszanki grunto-cementowej zależy od opisanych czynników w następującej kolejności :

1. właściwość gruntu,
2. zawartość cementu,
3. stopień wilgotności w czasie ubijania,
4. stopień ubicia,
5. zawartość części organicznych,
6. stopień rozdrobnienia materiału w czasie mieszania.

Budowa i wykonanie. Podobnie jak przy stabilizowaniu mechanicznym, tak i grunto-cement można budować jedną z trzech wypróbowanych metod :

- 1) mieszając wprost na miejscu maszynami rolniczymi (ang. „Mix in-place“),
 - 2) mieszając mieszarkami ruchomymi (ang. „Travelling mixers“),
 - 3) mieszając centralnie w mieszarkach stałych (ang. „Central mixing“).
- Według zestawienia amerykańskiego za lata 1939-1940, 58% budowli

zostało wykonanych sposobem pierwszym, a reszta dwoma pozostałymi sposobami, przy czym jednak biorąc powierzchwniowo, pierwszym sposobem wykonano tylko 30% robót. Fakt ten tłumaczy się tym, że mieszanie maszynowe specjalnymi mieszarkami oplaca się tylko na wielkich robotach.

Zasadniczo różnica między tymi metodami istnieje tylko przy mieszaniu gruntu z cementem i wodą, gdyż grunt musi być zawsze uprzednio zryty, a po zmieszaniu musi być ubity walcami, których rodzaj będzie zależny od rodzaju gruntu z jakim ma się do czynienia.

Przy wyborze metody budowy należy wziąć pod uwagę następujące czynniki: możliwość uzyskania sprzętu i obsługi, wielkość budowy i wymaganą jakość i szybkość wykonania, warunki klimatyczne, miejsce poboru materiału.

Budowa metodą mieszania wprost na miejscu sprzętem rolniczym
Zestawem sprzętu podanym w rozdziale o maszynach, zgrany zespół ludzi może osiągnąć wydajność do 600 m.b. 6-metrowej jezdni w ciągu 12-godzinne go dnia pracy.

Po oczyszczeniu trasy, wytyczeniu jezdni i wyrównaniu jej, nastę pnie czynności mogą być podzielone na dwie grupy: przygotowanie materiałów i właściwa przeróbka gruntu z cementem i wodą.

Przygotowanie materiałów składa się z:

1. zruszenia jezdni na oznaczonej szerokości i na głębokość 13,5 cm. dla ostatecznej grubości jezdni 15 cm.
2. rozdrobnienia zruszonego materiału, Właściwa budowa, czyli „przeróbka,” odbywa się systemem ciągłym od rozwiezienia cementu na danym odcinku, aż do ostatecznego uwalowania i przykrycia jezdni warstwą ochronną.

Rozróżnić można następujące czynności:

1. rozwiezienie i rozsypanie cementu,
2. wymieszanie cementu z rozdrobnionym gruntem,
3. dodanie potrzebnej ilości wody i wymieszanie jej z grunto-cementem,
4. ubicie mieszaniny,
5. przykrycie grunto-cementu warstwą ochronną na okres 7 dni.

3. Stabilizacja przy pomocy bitumów.

Zamiast cementu można stosować jako lepsz e materiały bitumiczne, to znaczy smoly i asfalty. Normalnie potrzeba dodać około 6% materiału w formie emulsji; upłynnionego czynnikami szybko parującymi lub podgrzanego. Najlepiej nadają się do stabilizacji tą metodą grunty piaszczyste i wtedy można stosować metody: mieszanie na sucho i mieszanie na mokro („Dry-sand-mix” i „Wet-sand-mix”) — w mieszarkach ruchomych lub na miejscu sprzętem rolniczym.

4. Stabilizacja przy pomocy domieszek wodochronnych.

Do utrwalenia gruntu tym sposobem mogą być użyte: żywice będące jednym z produktów przy wyrobie terpentyny n.p. patentowana żywica amerykańska „Vinsol,” lub produkty bitumiczne otrzymywane z ropy

naftowej, parafinowej n.p. „S.S.O.” czyli „Special Stabilizing Oil.” Zadaniem tych domieszek jest nie tyle związanie ze sobą ziarn mineralnych gruntu (używane ilości są bardzo małe — 0,5% — 2,0%), ile raczej utrzymanie stałej wilgotności, jaka jest w materiale w czasie jego ubijania. W ten sposób ubita warstwa nie będzie przesiąkać wodą w czasie deszczu, jak również nie będzie wysychać i kruszyć się w czasie posuchy. Wytrzymałość takiej warstwy jest zatem stała i równa wytrzymałości świeżo ubitego gruntu (grunto-cement ma wytrzymałość znacznie wyższą od tej, jaką się otrzymuje przy stabilizacji sposobem opisanym w tym ustępie).

Żywice są stosowane w formie proszku lub zawiesiny w wodzie i metody budowy są identyczne do tych, jakie są używane przy grunto-cemencie.

5. Kombinacja powyższych sposobów.

Dla dróg, gruntowych w zmiennym klimacie bardzo pożądanym jest dodanie małej ilości żywicy n.p. 0,5% w czasie budowy grunto-cementu. Wówczas cement zwiąże ze sobą ziarenka gruntu, dając mu wytrzymałość na ściskanie i uderzenia, a żywica przeszkodzi nasiąkaniu grunto-cementu wodą, czyniąc go mniej podatnym na niszczący wpływ mrozu.

MINIMALNY ZESTAW DO BADANIA GRUNTÓW.

- 1 komplet sit standartowych o średnicy 20 cm. i wymiarach oczek : 19,0 mm., 9,5 mm., 4,8 mm. ($\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{16}$ "), oraz numery : 10, 40, 200 z przykrywą i podstawą.
- 1 waga do 1.000 g i czułości 0,1 g.
- 1 komplet ciężarków,
- 1 waga sprężynowa,
- 1 aparat do pomiaru granicy płynności,
- 1 aparat Proctor'a do pomiaru optymalnego stopnia wilgotności.
- 1 płytka szklana 30 × 30 × 0,5 cm. dla wyznaczania granicy plastyczności.
- 1 aparat do pomiaru wytrzymałości gruntu na ściskanie.
- 1 mosiężna szczotka do sit.
- 2 noże szpatelki małe (ostrze o dł. 10 cm.).
- 2 noże szpatelki duże (ostrze o dł. 20 cm.).
- 2 tace o wymiarach około 30 × 20 × 7,5 cm.
- 1 żelazny moździerz i tłuczek o średnicy 12,5 cm.
- 2 stalowe menzurki o objętości 600 cm.³
- 20 pudełek cynowanych dla wyznaczania stopnia wilgotności.
- 2 szufelki sklepowe.
- 1 suszarka 40 × 40 × 40 cm.
- 1 piecyk naftowy.
- 1 piknometr.

Całość jest umieszczona w drewnianych skrzyniach, przewożonych w samochodzie półciężarowym.

DZIAL VII.
Maszyny Drogowe.

MASZYNY DROGOWE.

Przez zastosowanie maszyn do budowy dróg uzyskuje się nie tylko potanieńczenie kosztu budowy, lecz również skrócenie czasu budowy, ujednostajnienie wyników pracy oraz ich poprawienie.

Śledząc rozwój maszyn drogowych w ostatnich latach, należy stwierdzić, że idzie on w kierunku motoryzacji i elektryfikacji sprzętu. Ponadto zwrócono uwagę na łatwą przenośność maszyn, celem lepszego ich wykorzystania w różnych miejscach budowy, do czego przyczyniło się również ogumienie kół i zastosowanie podwozi gąsienicowych. Przez zastosowanie wysokowartościowych materiałów (jak stal S.M.) oraz konstrukcji spawanej, uzyskano zmniejszenie wagi maszyn. Daje się również zauważyć dążność do budowania urządzeń, mogących służyć do kilku celów.

Szybki ruch mechaniczny stawia drogom specjalne wymogi odnośnie ich trwałości, bezpieczeństwa ruchu oraz równości nawierzchni. Żądaniom tym może z małymi wyjątkami zadość uczynić tylko zmechanizowanie pracy. Poza tym około 90% wszystkich materiałów drogowych stanowią materiały mineralne, które wymagają w większości wypadków mechanicznej obróbki. Zastosowanie betoniarek daje beton o wytrzymałości do 60% większej, niż przy ręcznym mieszaniu. Budowa nawierzchni betonowych i bitumicznych jest niemożliwa bez zastosowania maszyn. Roboty ziemne na większą skalę są możliwe tylko przy użyciu maszyn i mechanicznych środków przewozowych.

W czasie wojny weszły w użycie na szeroką skalę maszyny do robót ziemnych i drogowych, które przed wojną nie były powszechnie znane; są to spychaki (bulldozery), zbieraki (scrapery), równiaki (gradery), ulepszone kopaczki (excavatory) itp. Maszyny te znalazły zastosowanie nie tylko przy wykonywaniu masowych robót ziemnych i drogowych przy budowie lotnisk, ale z powodu wielkiej ich sprawności znalazły one zastosowanie w operacjach wojennych do tego stopnia, że często były wysyłane drogą powietrzną nawet na tyły nieprzyjaciela.

Poza tym, ze względu na wprowadzenie nawierzchni ziemnych utrwalonych, wprowadzono cały szereg ulepszonych maszyn rolniczych jak pługi, brony, kultywatory i t.p.

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH.

Maszyny do robót ziemnych są używane we wszystkich prawie pracach terenowych, w których występuje przerzut mas ziemnych. Podane tu maszyny są najczęściej używane. Sposób ich użycia i wydajność pozwolą kierownikowi robót przewidzieć czas trwania projektowanych robót. Przy planowaniu pracy maszyn do robót ziemnych należy przewidzieć ciągłość robót, systematyczność i kolejność. Poszczególne fazy robót muszą ze sobą harmonizować

celem uniknięcia przerw w pracy lub zageszczenia robót w pewnych okresach.

Szczegółowa tabela dyspozycji maszyn, podająca rodzaj poszczególnych robót wg. najodpowiedniejszej kolejności, określająca w możliwym przybliżeniu czas trwania poszczególnych robót jest niezbędna przy organizowaniu pracy maszyn na robotach ziemnych.

Utrzymanie i konserwacja maszyn do robót ziemnych.

W tabeli dyspozycji maszyn na robotach ziemnych należy uwzględnić czas potrzebny na konserwację i utrzymanie maszyn. Przewiduje się, że w normalnych warunkach robót ziemnych codzienna konserwacja maszyny po ośmiu godzinnym dniu pracy musi trwać około $\frac{1}{2}$ do 1 godziny.

Czas potrzebny na konserwację uzależniony jest od :

- a. stanu technicznego danej maszyny,
- b. warunków gruntowych, w jakich ona pracuje,
- c. od stanu pogody.

Trzeba pamiętać, że konserwacja maszyny do robót ziemnych powinna stać na jednej z pierwszych pozycji w tabeli prac. Jeśli nawet maszyny pracują bez zarzutu, nie można redukować czasu przewidzianego na codzienną konserwację.

Poza codzienną konserwacją należy przewidzieć konserwację szczegółową — po jednym do dwóch tygodni pracy maszyn w terenie.

Po okresie trwającym 3.000 godzin pracy maszyny w terenie, powinna ona być oddana do warsztatów, celem przeprowadzenia remontu i szczegółowych oględzin warsztatowych.

Wskaźnikiem niedomagania maszyny jest nadmierne zużycie paliwa i smarów. Każda maszyna powinna posiadać swą książkę ewidencji pracy i napraw, w której dokładnie zapisuje się codzienne konserwacje, ograniczające się do przeglądu i sprawdzenia 1-go zespołu mechanizmów, t.j. silnika, podwozia, chłodzenia i t.p. oraz wpisuje się codzienne zużycie paliwa, smarów, czas pracy maszyny i kilometrów.

Należy co miesiąc dokonywać przeglądów miesięcznych, sprawdzając stan i funkcjonowanie poszczególnych mechanizmów drogą prób i szczegółowych oględzin. Przeciętnie miesięczny przegląd trwa od 5 — 6 godzin. Wynik przeglądów jak i konieczność przeprowadzania pewnych napraw, czy nawet wymian poszczególnych zespołów wpisuje się do książki przeglądów miesięcznych. Wynik przeglądu miesięcznego decyduje o tem czy dana maszyna może pracować w terenie czy też ma być odesłana do remontu średniego lub generalnego.

Podział maszyn do robót ziemnych.

Maszyny do robót ziemnych można podzielić w różny sposób, lecz najbardziej charakterystyczny podział można przyjąć wg. sposobu pracy :

- a. maszyny ruchome — ogólnie pługi i maszyny holowane,
- b. maszyny stałe — pracujące w jednym miejscu — kopaczki,
- c. maszyny ruchome do kopania rowów.

Do bardzo płytkich wykopów lub przesunięcia niewysokich nasypów na niewielką odległość — korzystniejsze będą maszyny ruchome — pługi. Mają one dużą wydajność, są łatwe dla transportu i można je z łatwością zastosować w różnych warunkach.

Są jednak roboty, które wymagają pracy maszyny przez dłuższy czas na jednym miejscu ; w tym wypadku korzystniej jest zastosować kopaczki.

Roboty ziemne, które wymagają użycia kopaczek, są :

- a. kopanie rowów, zalewanych wodą. Do tej pracy najlepiej użyć kopaczki czerpakowej (dragline) ;
- b. kopanie głębokich rowów do ułożenia rur kanalizacyjnych, wodociągowych, czy też kabli elektrycznych lub telefonicznych wymaga użycia kopaczki podsiębiernej (buckacker) ;
- c. nżwelowanie wysokich nasypów lub prace odkrywkowe wykonuje się przy pomocy kopaczki przedsiębiernej (face shovel) ;
- d. poszerzania dróg na zboczach górskich, gdzie jedna z krawędzi drogi przylega do zbocza góry, będzie wykonane najsprawniej przy pomocy kopaczki odsiębiernej (skimmera) lub kopaczki przedsiębiernej (face shovel) ;
- e. kopaczek używa się przy tych robotach ziemnych, gdzie ze względu na brak miejsca posuw pługów jest niemożliwy ;
- f. do prac w gruntach podmokłych, gdzie pługom i maszynom holowanym grozi ugrzęźnięcie.

W gruntach podmokłych układa się pod podwozie kopaczki pomost najczęściej drewniany.

Do kopania płytszych rowów używa się zwrotne kopaczki ruchome wielokubłowe i kołowe.

Pługi i maszyny holowane nie mogą pracować w gruntach skalistych. W wypadkach bardzo twardych gruntów, przed rozpoczęciem prac w terenie należy grunt wzruszyć, wykonując prace wstępne przy pomocy materiałów wybuchowych lub przy pomocy radła (rootera).

Czynniki, mające wpływ na wydajność maszyn do robót ziemnych.

Następujące czynniki mają wpływ na wydajność pracy maszyn do robót ziemnych :

- a. rodzaj gruntu i jego wilgotność,

b. warunki atmosferyczne w czasie pracy maszyn i wpływ ich na konsystencję gruntu,

c. umiejętność załogi obsługującej maszynę.

Jeśli chodzi o właściwe określenie jakości gruntu i jego wilgotności, jak również i o stopień wykształcenia obsługi, to te czynniki dadzą się określić z dość dużą dokładnością, natomiast pogody normalnie przewidzieć nie można, a trzeba pamiętać, że deszcze mogą nam podwoić czas przewidywany, albo wręcz uniemożliwić daną pracę.

Pomiary robót ziemnych.

Spulchnienie gruntu ma duży wpływ na wydajność pracy maszyn do robót ziemnych.

Projektując roboty ziemne, wszelkie obmiary ilości tych robót wykonujemy w terenie, mierząc bezpośrednio grunt rodzimy. Należy jednak pamiętać, że grunt po ukopie i przerwaniu dozna spulchnienia. Jego objętość, jako urobku, zwiększy się w stosunku do objętości gruntu macierzystego wg. której dokonywaliśmy odmiarów. Wielkość spulchnienia zależy od gatunku gruntu oraz jego konsystencji. Spulchnienie trzeba uwzględnić przy obliczaniu ilości robót ziemnych, a więc i przy określeniu czasu potrzebnego do ich wykonania.

Wielkość spulchnienia gruntu zależy :

a. od ilości próżni w gruncie,

b. od rodzaju gruntu t.j. od wielkości i jakości składników.

Konsystencja danego gruntu, a więc i możliwość łatwego ukopu gruntu zależy w dużym stopniu od ilości zawartej w nim wody. Ukop gruntu zależy od kształtu szufli kopaczki, jak i samego sposobu wykonania wykopu gruntu.

Poniższa tabela podaje przeciętne współczynniki spulchnienia gruntu, w zależności od gatunku :

suchy piasek	1,0
gruntu ilaste, ziemia, piasek, żwir	1,2
glina	1,5 — 1,8
urobek skalny	1,7
kredek	1,8

Spulchnienie ziemi ma wpływ przy liczeniu wydajności maszyn trzeba go uwzględnić.

Szufła kopaczki o geometrycznej objętości 1 m^3 , napelniając się gruntem macierzystym, wrzusa go i może pomieścić tylko 1 m^3 gruntu spulchnionego, czyli dla piasku, którego współczynnik spulchnienia wynosi 1,00, urobek wyrzucony z szufli jednometrowej wyniesie 1 m^3 , a przy ukopie gliny czy kredy, której współczynnik spulchnienia wynosi 1,8 — szufła taka jednometrowa wyrzuci 1 m^3 spulchnionego urobku, czyli ukopie macierzystego gruntu 1 : 1,8

— 0,55 m³. Podane przykłady dla piasku i gliny nie uwzględniają zdolności spiętrzenia gruntu ponad górną powierzchnię szufli, rozpatrują one tylko tę objętość urobku, która pomieścić się może w geometrycznej bryle szufli. W miarę jak grunt może spiętrzyć się przy ukopie ponad górną powierzchnię kubła, wzrasta wydajność ukopu i pracy kopaczki.

Zdolność spiętrzenia uzależnia się od :

- a. rodzaju gruntu i
- b. od ilości wilgoci w gruncie.

Grнты kohezyjne mają większą zdolność spiętrzenia niż grнты sypkie, gdyż woda związana cementuje poszczególne cząsteczki gruntu dzięki napięciu powierzchniowemu, stwarza to dużą wartość kąta stoku naturalnego. Grнты sypkie nie mają prawie wcale wody związanej, czyli napięcie powierzchniowe jest w nich minimalne, a przeto i kąt stoku naturalnego mały.

Wpływ wilgotności na kopalność gruntu.

Szufła, kubeł lub czerpak kopaczki stotunkowo łatwo napelniają się suchym piaskiem, ale suchy piasek, mając mały kąt stoku naturalnego, spiętrza się nieznacznie ponad górną powierzchnię szufli, kubła lub czerpaka i ma tendencję do zsuwania się. Jeśliby ten sam gatunek piasku został zwilżony, uzyskałby on większy kąt stoku naturalnego (jako wynik kapilarności i napięcia powierzchniowego), a tym samym i zdolność spiętrzenia, co w wyniku spowoduje zwiększenie wydajności kopaczki.

Gleba sucha zachowuje się tak samo przy ukopie jak suchy piasek, zaś gleba zawierająca właściwą ilość wilgoci spiętrza się ponad górny poziom szufli maksymalnie. Jeśli gleba czy piasek są w stanie płynnym, wówczas maleje ich zdolność spiętrzenia i wydajność ukopu nie dosięga maximum, lecz maleje.

Jeśli kubeł kopaczki kopie margiel czy glinę i konsystencja gruntu wskutek wielkiej ilości wilgoci w gruncie jest taka, że bryły urobku oblepiają wnętrze kubła — wówczas wydajność pracy kopaczki spada do 50%. Odwrotnie, jeśli glina czy margiel są zupełnie suche, wówczas ich konsystencja jest monolityczna i ukop twardej materjałów jest niemożliwy, wobec tego należy je przed kopaniem wzruszyć.

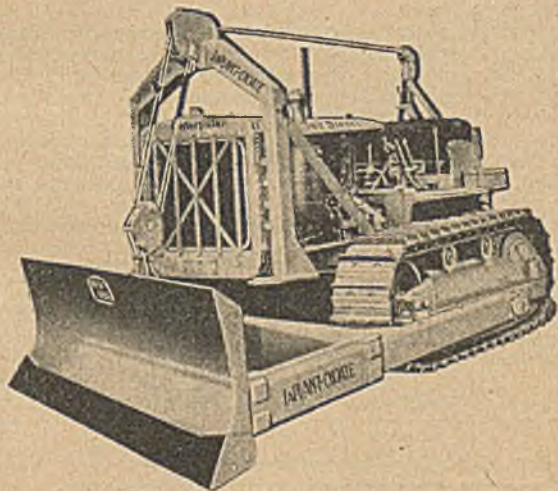
Przed przystąpieniem do przerzutu mas ziemnych należy dokładnie zbadać „kopalność gruntu”. Jeśli zachodzi konieczność dokładnego określenia czasu przewidzianego na wykonanie danych robót ziemnych, należy poprostu dokonać próbnych ukopów, które nam wskażą wydajność pracy i na tej podstawie przeprowadzić kalkulację.

Ogólnie trzeba przyjąć, że konsystencja gruntu ma mniejszy wpływ na wydajność pracy kopaczek niż pługów.

Spychak prosty (Bulldozer).

Spychak prosty stanowi maszynę do robót ziemnych typu pługów. Jest to najbardziej wszechstronna maszyna, która może wykonywać poza robotami ziemnymi i inne roboty jak n.p. oczyszczanie terenu z krzaków, karczowanie, ładowanie urobku na środki przewozowe i t.p.

Spychak prosty składa się z ciągnika na gąsienicach, na przedzie którego umieszczony jest lemiesz o powierzchni cylindrycznej. Lemiesz ustawiony jest symetrycznie pod kątem prostym do osi podłużnej ciągnika. Ramiona obejmujące lemiesz złączone są z traktorem przegubowo przy pomocy czopów. Na obu końcach lemieszów są umieszczone pionowe blachy, które mają za zadanie zabezpieczenie urobku ziemnego przed zsuwaniem się na boki.



Spychak prosty — Bulldozer.

Dzięki przegubowemu połączeniu ramion lemieszów z ciągnikiem, lemiesz może być unoszony i opuszczany za pomocą specjalnego mechanizmu przez operatora. Mechanizm regulujący ustawienie lemieszów może być dwójakiego typu :

- a. Mechanizm sterowniczy hydrauliczny,
- b. Mechanizm sterowniczy linowy, poruszany windą, grawitacyjną.

Typ sterowania lemieszem przy pomocy mechanizmu hydraulicznego jest bardzo korzystny przy pracy w twardych gruntach, ponieważ operator może siłą hydrauliczną wcisnąć nóż w grunt na pewną głębokość.

Sterowanie systemem linowym lub „grawitacyjnym” polega na opadaniu i wciskaniu się lemiesza, wywołane tylko siłą jego opadania, bez efektu siły zewnętrznej. Ten typ, oprócz systemu lin, wymaga także windy do manipulowania t. zw. P.C.U. (Power Control Unit). Jest on korzystny przy pracach w gruntach miękkich.

Spychak, poruszając się, ścina ostrzem opuszczonego noża grunt i pcha go czołowo przed siebie, składając urobek na miejsca odkładu, nasypu lub na rampy, skąd urobek zostaje usunięty na środki transportowe.

Spychakiem można wykonać różnorodne prace jak : wykonanie koryt pod nawierzchnię, wykopów, nasypów, rowów, zasypanie dołów, usunięcie gruzu, rozścielenie tłuczni lub żwiru, demolowanie niepotrzebnych budynków, oczyszczenie terenu z krzaków drzew i karczwy, ładowanie urobku na środki przewozowe przy pomocy ramp, zasypywanie sączków gruzem lub tłuczniem.

Wydajność spychaków zależy od : typu, odległości pchania urobku ziemnego, od sposobu pracy z góry, w poziomie lub pod górę oraz od rodzaju gruntu.

Poniższa tabela podaje wydajności spychaków przy ukopie

TABELA I. Wydajność pracy spychaków.

Długość przepychania urobku mtr.	Kierunek pracy spychaka	Wydajność godzinna spychaków m. sz.		
		D6	D7	D8
6	W poziomie	91	160	228
15	Z góry o spadzie 1 : 7	53	113	158
	W poziomie	41	95	121
	Pod górę o wznies. 1 : 7	24	57	63
30	Z góry o spadzie 1 : 7	36	84	109
	W poziomie	28	65	76
	Pod górę o wznies. 1 : 7	17	39	50
45	Z góry o spadzie 1 : 7	26	57	74
	W poziomie	20	44	57
	Pod górę o wznies. 1 : 7	12	27	34
60	W poziomie	14	33	42
90	W poziomie	11	23	30

gruntu ilastego, łatwo kopalnego, nie uwzględniając spulchnienia. Dla innych gruntów niż ilaste, podane wydajności należy pomnożyć przez współczynniki umieszczone pod tabelą.

Tabela II, podaje współczynniki, przez które należy pomnożyć dane z tabeli I dla różnych gruntów.

TABELA II. Współczynniki dla różnych gruntów.

Grunty ilowe	..	..	..	..	1,0
Gleba, piasek	..	..	..	..	0,8 — 0,9
Miękka glina, żwir	..	..	..	..	0,65 — 0,75
Glina z kamieniami	..	..	..	..	0,45 — 0,65
Luźny narzut kamienny	..	..	..	..	0,30 — 0,40

Spychak wykonuje pracę najwydatniej, niwelując grunt z góry na dół, przeto wszelkie nierówności gruntu należy umiejętnie wyzyskać. Nie można pracować spychakiem w bardzo twardym gruncie jak n.p. sucha twarda glina lub w gruncie gdzie są grube korzenie. Grunt taki przed rozpoczęciem pracy spychakiem należy wzruszyć przy pomocy radła (rootera).

Długość spychania urobku spychakiem z góry nie powinna być większa jak 100 m., w poziomie nie większa jak 50 m.

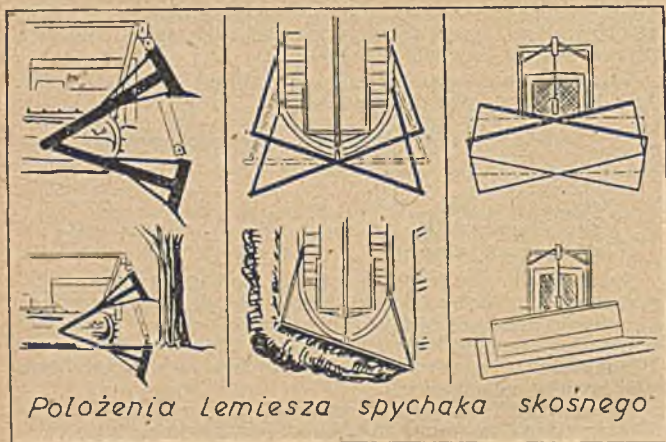
Spychak skośny (Angledozer).

Spychak skośny podobny jest do spychaka prostego z tą tylko różnicą, że lemiesz może być ustawiony pod dowolnym kątem do osi podłużnej ciągnika.

Ramiona boczne obchwytyjące lemiesz można przesuwac niezależnie jedno od drugiego ku przodowi, uzyskując w ten sposób wymagane ustawienie lemiesza. Poza tem lemiesz, tak jak i w spychaku prostym, może być opuszczany i unoszony całkowicie lub jednostronnie. Ostrze ustawione pod kątem ścina nierówności gruntu wysuniętym końcem lemiesza i spycha urobek na jedną stronę.

TABELA III. Godzinna wydajność pracy spychaka skośnego.

Typ ciągnika	Spychak niweluje grunt :		
	w poziomie	pod górę 1 : 7	z góry 1 : 7
	m ³	m ³	m ³
Caterpillar D8	144	87	188
Caterpillar D7	114	68	148
Caterpillar D6	87	52	114
Caterpillar D4	65	43	84



Spychak skośny ma szerokie zastosowanie na robotach ziemnych — a szczególnie przy zasypywaniu rowów, wypełnianiu sączków, rozścielaniu tłucznia i t.p.

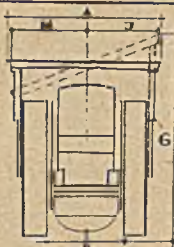
Wydajność pracy spychaka skośnego jest większa przy niektórych robotach jak spychaka prostego, a to dlatego, że spychak skośny zsuwa urobek bezpośrednio na bok, nie zużywając pracy na czołowe popychanie mas.

Powyższa tabelka podaje wydajności spychaków skośnych w gruntach ilastych łatwo kopalnych bez uwzględnienia spulchnienia. Dla innych rodzajów gruntów należy zastosować współczynniki z tabeli II. Jak widzimy z tabeli III spychaki skośne pracują najwydatniej z góry na dół. Wymiary i wagi najczęściej używanych spychaków są podane na następnym stronie.

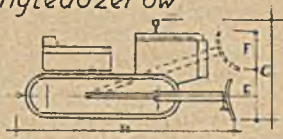
Wielka szerokość spychaków skośnych nastęrcza dużo trudności przy transporcie. Najwłaściwiej jest, w czasie przewozu, wysunąć jedno ramię lemiesza jak najdalej; uzyska się w ten sposób największy kąt odchylenia lemiesza od osi podłużnej ciągnika przez co szerokość całego urządzenia znacznie się zmniejszy.

Wytyczne pracy spychaków.

Podczas wykonywania drogi o przekroju odcinkowym na stoku, należy ścinać grunt równoległe do osi drogi końcem wysuniętym spychaka skośnego, zsuwając urobek na drugą stronę na nasyp.



Wymiary i wagi
angledozerów



BAKER I ALLIS CHALMERS	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
P HD7	10'4"	13'5"	8'0"	3'11"	3'7"	2'4"	15'6"	5'1"	4'4"	7½
P HD10	12'2"	15'7"	8'8"	4'6"	3'6"	2'8½"	18'0"	5'9"	5'5"	12½
HD14	12'4"	16'10"	9'6"	5'0"	3'2"	2'10"	19'6"	6'0"	5'5"	16½
LA PLANT CHOATE I CATERPILLAR										
S D4	7'8"	12'6½"	6'8"	2'7"	2'9"	2'5"	15'9½"	5'10"	3'4"	6
P D4	9'6"	12'6½"	6'8"	3'11"	2'4"	2'5"	14'11"	4'6½"	4'0"	6½
S D6	10'4"	15'7"	7'9"	3'8"	3'5"	2'9"	18'0"	4'11"	4'4"	9½
P D6	10'4"	15'7"	7'9"	4'6"	3'4"	2'9"	18'0"	4'11"	4'4"	10
D7	12'16"	17'3½"	9'8"	4'6"	3'11"	3'5"	19'4"	5'10"	5'6"	14
D8	12'9½"	19'2½"	9'2"	4'6"	3'5"	3'4"	22'6"	6'5"	5'6½"	19½
LE TOURNEAU I CATERPILLAR										
S D4	9'0"	13'8½"	8'5"	2'7"	3'0"	2'8"	15'11"	4'5½"	4'0"	6
P D4	11'1"	13'8½"	8'5"	3'11"	3'0"	2'8"	16'3"	5'1"	4'6"	6½
S D6	9'2"	13'0"	9'4"	3'8"	3'9"	2'8"	15'5"	4'2"	3'8"	9
P D6	11'1"	13'0"	9'4"	4'6"	3'9"	2'8"	15'5"	5'5"	4'9"	9½
D7	13'7"	13'5"	9'5"	4'6"	3'5"	3'5"	20'6"	6'2"	5'7"	13½
D8	13'7"	20'7"	9'8"	4'6"	3'10"	3'8"	22'9"	6'8"	6'0"	18
RUSTON BUCYRUS I INTERNATIONAL										
P TD6	8'5"	11'7"	6'5"	3'4"	2'2"	1'10"	13'4"	4'4"	3'5"	4½
P TD9	10'1"	13'0"	6'9"	3'11"	2'6"	2'2"	15'3"	5'1"	4'0"	6½
P TD14	11'11"	15'4"	7'0"	4'10"	3'4"	2'7"	17'5"	6'0"	4'10"	9½
P TD18	12'7"	17'5"	7'8"	4'10"	3'0"	2'11"	19'6½"	6'4"	5'0"	13½

Jeżeli przesuw urobku wykonuje się podłużnie wzdłuż osi przekopu na nasyp, grunt zbiera się warstwami z góry na dół i przesuwa na nasyp. Korzystnie jest w takim wypadku pracować dwoma spychakami, ustawionymi obok siebie tak, ażeby urobek posuwany był dwoma lemieszami jednocześnie. Zwiększy to znacznie wydajność spychaków, gdyż, dzięki przyleganiu styków lemiesz, ziemia nie będzie się wysypywać pomiędzy lemieszami. Nie należy zjeżdżać przy strumym stoku za daleko na nasyp czołowy, gdyż spychaki mogą ugrzęznąć przy wycofywaniu. Przy ładowaniu urobku na środki przewozowe należy wykonać specjalne rampy tak, ażeby urobek z tych ramp mógł być zsuwany bezpośrednio do ustawionych wozów.

Wykonywanie rowu spychakiem skośnym odbywa się w ten sposób, że lemiesz popycha się pod możliwie największym kątem do poziomu tak, ażeby koniec wysunięty lemiesz był jak najniżej, poczem rozpoczyna się ścinanie gruntu równoległe do osi rowu. Po przejechaniu do końca rowu, spychak zawraca i ustawia pochyło — jedną gąsienicą na gruncie nienaruszonym, a drugą na świeżo ściętym i porusza się w przeciwnym kierunku.

Spychakami można przeprowadzać z dużym powodzeniem oczyszczanie terenu z krzaków oraz walenie drzew z karczowaniem do grubości 75 cm. Zwalanie drzew do grubości 10 cm. postępuje z szybkością do 2,5 km. na godzinę. Pojedyncze drzewa o średnicy 10 — 25 cm. wywraca spychak z szybkością 5 minut, pierwszym robotę wykonuje się w dwóch posunięciach. Przy pierwszym podnosi się lemiesz jak najwyżej do góry, opiera się go o drzewo i stara drzewo pchnięciem spychaka przewrócić; gdy drzewo nachyli się wystarczająco, podnosząc korzenie na jedną stronę, wówczas spychak się cofa, lemiesz się opuszcza i podkopując korzenie, pchnięciem spychaka do przodu, wyrwa się drzewo z korzeniami. Zwalanie drzew grubych 30 — 75 cm. odbywa się w ten sposób, że drzewo podkopuje się spychakiem tuż przy pniu z trzech stron, korzenie podcina się ostrzem spychaka, poczem po stronie przeciwległej do kierunku walenia drzewa wykopuje się rampę przy pomocy spychaka, podnosi się ostrze i wywiera nacisk na pień drzewa, wjeżdżając na rampę. Wykonanie rampy i podniesienie lemiesz spychaka potrzebne jest do uzyskania większego momentu zginającego, celem łatwiejszego wywrócenia drzewa.

Spychak lekki (Calfdozer).

Spychak lekki jest to mała maszyna, bardzo zwrotna i posiadająca łatwe urządzenia do manipulowania nią. W Anglii wytwarza spychaki lekkie firma „Aveling — Barford.“ Spychak lekki ma bardzo duże zastosowanie przy następujących robotach: plantowaniu, oczyszczaniu terenu, zasypywaniu rowów i t.p. Pracę



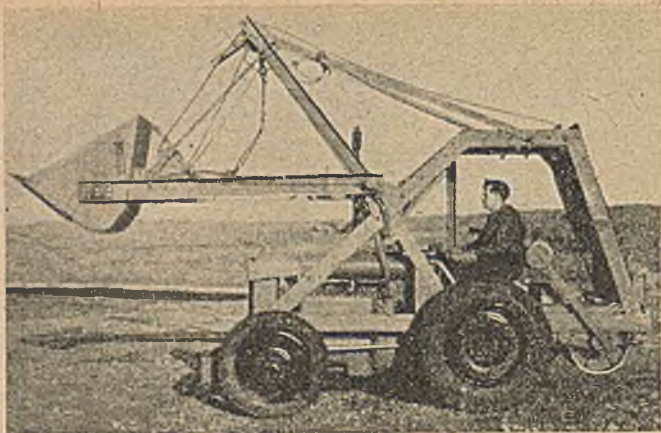
Spychak lekki — Calfdozer.

spychaka lekkiego można porównać do pracy dziesięciu ludzi uzbrojonych w kilofy, łopaty i taczki. Koszt jego pracy, w stosunku do drużyny dziesięciu ludzi, jest znacznie tańszy.

Wydajność spychaka lekkiego zależy od długości przesuwania i rodzaju materiału. Jako podstawę można przyjąć, że spychak lekki przesunie w ciągu godziny na długość 1 m.b. około 350 m³ urobku luźnego. Poruszanie i manewrowanie maszyną odbywa się przy pomocy dwóch ręcznych lewarków, umieszczonych po obu stronach siedzenia operatora. Lemiesz jest uruchomiany przy pomocy dźwigni i może być podnoszony do żądanej wysokości. Normalnie jednak pracuje się przy położeniu lemieszka w poziomie. Przy pomocy pedałów lemiesz może być ustawiany pod dowolnym kątem do poziomu i w ten sposób można nim scinać, zdrapywać lub przesuwać grunt. Ponadto lemiesz może być automatycznie ustawiany pod kątem do osi podłużnej tak jak w spychaku skośnym.

Ładownik ciągnikowy (Loading shovel) i Szufla gąsienicowa (Dozer shovel).

Jest to rodzaj mechanicznej szuflki umocowanej przy pomocy ramion na ciągniku ogumionym lub gąsienicowym. Szufla, przy pomocy urządzeń hydraulicznych lub linowych, opuszcza się do poziomu gruntu i przez ruch do przodu ciągnika napędza się materiałem. Po wypełnieniu, szufla zostaje podniesiona do góry



Ładownik ciągnikowy.

na żądaną wysokość i po przecwróceniu — wypróżnioną. Ciągnik jest bardzo zwrotny i można go z łatwością skierowywać do właściwego położenia przy wyladowywaniu.

Na rysunku podany jest ładownik ciągnikowy typu Chaseside 0,25 m³.

Dane charakterystyczne dla tego ładownika są następujące :

Pojemność szufli	..	..	..	..	..	0,25 m ³
Długość	..	..	..	..	..	4,37 m.
Szerokość	..	..	..	..	..	1,70 m.
Wysokość szufli podniesionej	..	..	..	..	..	3,78 m.
Głębokość szufli opuszczonej pod poziomem terenu	..	..	..	..	..	2,26 m.
Waga	..	..	..	..	..	3,75 t.
Zużycie paliwa	..	..	..	..	..	6,75 l/g.

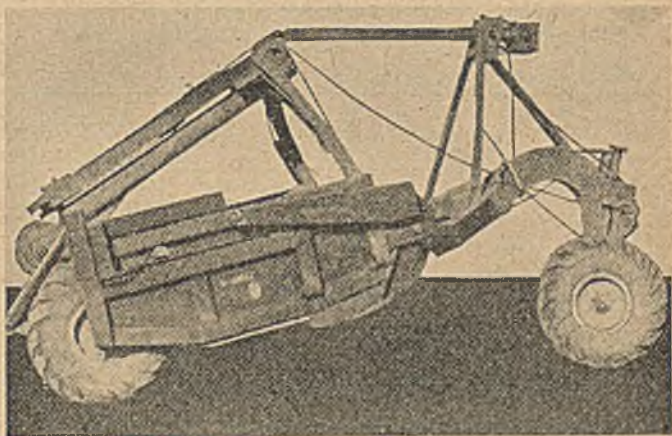
Ażeby ładownik pracował wydawnie, pożądaną, aby szerokość ładowanego materiału nie była mniejsza od szerokości szufli. Przy pomocy ładownika można z powodzeniem oczyszczać jezdnie dróg z gruzu lub ziemi n.p. przy zbieraniu pokrycia ziemnego na jezdniach betonowych.

Zbierak (Scraper).

Zbierak lub scraper jest dwu lub cztero kołową przyczepką ogumioną, posiadającą taką konstrukcję, która pozwala na automatyczne napełnianie i wypróżnianie jej w czasie ruchu.

Zbierak jest holowany przez ciągnik. Jest on połączeniem pługa z wozem skrzynkowym i pracuje podobnie jak hebel ziemny. Skrzynia bywa ustawioną na jednej lub dwu osiach. Na przedzie dno skrzyni uzbrojone jest w poprzeczne ostrze. Skrzynia zbieraka może być unoszoną lub opuszczaną zapomocą mechanizmu hydraulicznego lub linowego uzbrojonego w winę. Sterowanie, podnoszenie, opuszczanie, ładowanie i wyładowywanie wykonuje kierowca prowadzący ciągnik ze swego siedzenia.

Ostrze, które jest umieszczone w dnie skrzyni, ścina grunt na poziomie styku kół z gruntem, a urobek ziemny, zsuwając się po powierzchni noża, przedostaje się przez szczelinę do skrzyni.



Zbierak 6 m³ sterowany zapomocą systemu linek.

Gdy skrzynia zostaje całkowicie wypełniona urobkiem, kierowca, unosząc przód skrzyni ku górze, przerywa ścinanie gruntu i odtransportowuje masę ziemną w skrzyni na przewidziane miejsce odkładu.

- Rozładowanie urobku ze skrzyni odbywa się dwoma sposobami :
- przez uniesienie przodu skrzyni ku górze, urobek zostaje wyrzucony przez tylną klapę,
 - przez wypchnięcie zapomocą ruchomej części tylnej materiału ziemnego przez szczelinę przy ostrzu.

Skrzynia zbieraka posiada ścianę przednią ruchomą, która przy opuszczeniu jej pozostawia szczelinę około 30 cm. szeroką. Tylna

ściana może się przesuwać wzdłuż skrzyni i służy jednocześnie do wypychania urobku.

Pojemność najczęściej spotykanych zbieraków waha się od 3 — 9 m³. Większość gatunków materiałów ziemnych wchodzi łatwo do skrzyni. Suchy piasek ma skłonność do wysypywania się ze skrzyni. Twarde i lepkie grunty są trudne do niwelowania zbierakiem, wchodzą z trudnością do skrzyni przez szparę i nie wypełniają jej całkowicie.

Wydajność pracy zbieraka zależy od :

- pojemności skrzyni,
- rodzaju skrzyni,
- systemu pracy i
- długości pasa, na którym następuje napełnianie skrzyni.

Zbierak nie powinien pracować na pasie dłuższym niż 300 m.

TABELA IV. Godzinna wydajność zbieraka przy pracy w poziomie.

Typ holownika	Geometr. pojemn. skrzyni	Wydajność zbieraka w zależności od długości, na której pracuje				
		60 m.	120 m.	180 m.	240 m.	300 m.
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Caterpillar D8	9	—	106	86	72	61
Caterpillar D7	6,75	121	86	69	59	51
Caterpillar D6	4.5	68	55	45	39	35
Caterpillar D4	3	45	38	32	28	24

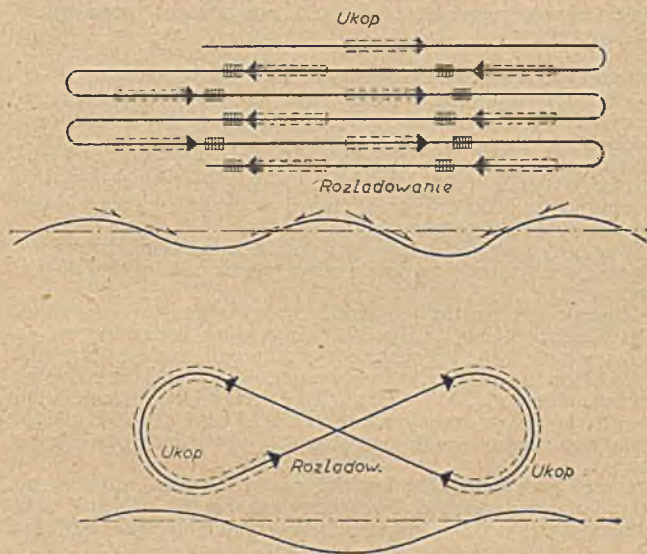
Uwaga : Podane w tabeli wydajności są średnie dla pracy zbieraka w poziomie. Przy pracy z góry na dół o spadzie około 5° podane w tabeli dane należy pomnożyć przez 1,02, przy spadzie zaś około 10° podane wyniki należy pomnożyć przez 1,05.

Wydajności w tabeli odnoszą się do średniego gruntu ilastego, przy innych gruntach dane z tabeli należy pomnożyć przez współczynniki z tabeli II.

Przed przystąpieniem do pracy w terenie przy pomocy zbieraka należy dokładnie określić i wytyczyć trasę jego drogi, celem uniknięcia niepotrzebnych zawraçań i cofań. Należy dokładnie określić miejsca wykopu i odkładu oraz wykonać szkic biegu zbieraka, jak podano na rysunku.

Napełnienie skrzyni zbieraka należy wykonywać przy zjeździe ku dołowi, przeto wszelkie pochyłości terenu należy przy planowaniu robót umiejętnie wykorzystać. Na długość pasa przejścia zbieraka składają się następujące czynności : napełnienie skrzyni, przewóz

Systemy pracy zbieraka



urobku i rozładowanie. Normalnie kierowca po naładowaniu skrzyni przechodzi na szybszy bieg.

Jeśli napełnienie skrzyni trwa zbyt długo, co bywa gdy grunt jest twardy, należy go przygotować przez zrycie i przeoranie radłem.

Przy niwelowaniu gruntów gliniastych i błotnistych można osiągnąć większą wydajność zbieraka przez podniesienie części przedniej. Ponieważ piasek ma tendencję do zsypanywania się gdy skrzynia jest częściowo wypełniona, to aby uzyskać lepsze wypełnienie skrzyni należy zastosować t.zw. metodę „pompowania piasku.” Metoda ta jest wykonywaną w następujący sposób: w początkowej fazie napełniania skrzyni, przednią część zbieraka unosi się jak najwyżej, gdy skrzynia napełni się w przybliżeniu do połowy swej objętości, część piasku ze skrzyni zacznie się zsypanywać, a przed nożem powstanie fala z piasku. Należy wówczas unie-

ruchomic holownik, opuścić przednią część skrzyni, następnie podnieść tył skrzyni o jakie dwa cale i uruchomić ciągnik na małej szybkości, opuszczając tył stopniowo o dwa cale, a potem cztery cale; wówczas pewna część piasku znowu wejdzie do skrzyni. Celem lepszego napełnienia, czynność „pompowania“ powtarza się kilkakrotnie.

Główne wytyczne przy wykonywaniu robót zbierakiem.

Przed wystąpieniem do robót ziemnych zbierakiem należy całą powierzchnię zryć karczownikiem, usunąć większe korzenie i kamienie. Pierwsze cięcie przeprowadza się całe na gruncie zrytym, następne cięcia przechodzą na długości pasa w 2/3 na terenie zrytym a 1/3 pod koniec długości pasa w gruncie niewzruszonym, przez co grunt twardszy lepiej wpycha urobek wzruszony do skrzyni zbieraka.

Wprawny operator z łatwością potrafi jednocześnie prowadzić zbierak w ten sposób, że będzie scinał pagórki i zasypywał doły w czasie ruchu.

Zbierak jest bardzo pożyteczną maszyną przy wykonywaniu płytkich przekopów i nasypów. Szczególnie nadaje się on do wykonywania koryt i wygładzania przedprofilu pod nawierzchnię. Jako holowana przyczepka, może on odwozić urobek na nasyp na dłuższe odległości (300 — 500 mtr.). Często zbierak pracuje w ten sposób, że odwozi materiał na odkład, skąd odkład zostaje załadowany kopaczką na środki przewozowe i odwieziony na właściwe miejsce.

Celem podniesienia wydajności pracy zbieraka, zastosowano jako holowniki ciągniki dwukolowe ogumione. Ciągnik taki porusza się z dużą szybkością po naładowaniu zbieraka, odwożąc



Zespół ciągnika model „C“ Tournapull i zbierak „L.P.“.

materiał na miejsce przeznaczenia z szybkością 13 km./g. — 24 km./g., zależnie od jakości drogi. W czasie nabierania ziemi ciągnik dwukołowy bywa za słaby i w tym celu ciągnik gąsienicowy w czasie ładowania popycha cały zespół od tyłu. Przy pracy tym systemem stosuje się zwykle kilka zbieraków z ciągnikami dwukołowymi, idącymi w pewnej kolejności za sobą, a ciągnik gąsienicowy przechodzi do popychania kolejno od jednego do drugiego zespołu.

W przybliżeniu można powiedzieć, że wydajność zbieraka przy zastosowaniu ciągnika ogumionego wzrasta dwukrotnie przy transporcie urobku na dłuższe odległości.

Równiak ciągniony (Grader) i Równiak samochodowy (Autopatrol).

Są dwa zasadnicze typy równiaków. Równiak ciągniony przy pomocy — dawniej koni, obecnie — ciągnika i równiak połączony z ciągnikiem. Przy dawnych typach równiaki ciągnięte były obsługiwane przez dwóch operatorów: jeden prowadził ciągnik, drugi nastawiał i regulował równiak. Przy ciągniku mechanicznym operator jest jeden. Prototypem obecnego równiaka mechanicznego był znany jeszcze przed wojną równiak konny.

Równiak ma bardzo wielkie zastosowanie przy budowie i utrzymaniu dróg. Używa się go przy wygładzaniu jezdni, rozścielaniu tłucznia lub żwiru i wygładzaniu profilu; pozatem można nim wygładzać skarpy nasypów i przekopów oraz można nim również kopać rowy i je utrzymywać.



Równiak samochodowy (Autopatrol).

Długość lemiesza waha się od 2,4 — 3,6 mtr. Przy mniejszych typach lemiesz jest ustawiany ręcznie zapomocą przekładni, przy wielkich typach są stosowane hydrauliczne systemy sterownicze. Lemiesz może przyjmować różne położenia, a więc obracać i ustawiać pod różnymi kątami do osi podłużnej, nachylać pod bardzo znacznym kątem do poziomu, przyczem osie kół przy równiakach samochodowych są wykonane przegubowo tak, że koła mogą w bardzo znacznym stopniu odchyłać się od pionu. Pomaga to przy regulowaniu nachylenia lemiesza. Równiaki o własnym napędzie mają koła ogumione. Przy pracach w ciężkich gruntach używa się równiaków holowanych ciągnikami, gdyż siła pociągowa ciągników gąsienicowych jest bardzo wielka i opory, na które natrafia równiak ciągnięty łatwiej bywają pokonane.

Równiaki ciągnięte są mało zwrotne i nastęrczają również trudności przy transporcie. Równiaki samochodowe poruszają się po drogach z szybkością 19 — 24 km./godz. Pośrodku na przedzie lemiesza są umieszczone zęby sprężynujące w postaci zębów brony, które mają za zadanie zruszyć grunt, przez co lemiesz trafia na mniejsze opory przy równaniu gruntu. Zęby można przesuwac i ustawiać na żadaną głębokość.

Szybkość posuwania się równiaka podczas pracy w gruntach nie bardzo twardych wynosi około 5 km./g. W gruntach kamiennych i bardzo twardych nie można pracować równiakiem.

Równiak z przenośnikiem (Elevating grader).

Ten typ równiaka jest holowany przez ciągnik. Zasada pracy równiaka z przenośnikiem jest następująca. Z boku pomiędzy kołami umieszczone jest ostrze, najczęściej talerzowe, które ścina nierówności gruntu wskutek przesuwania się maszyny ku przodowi. Urobek ześlizguje się do koryta, ustawionego prawie prostopadle do osi podłużnej równiaka. Dno koryta wykonane jest jako pas transmisyjny napędzany przekładniowo podczas poruszania się równiaka. Urobek w korycie zostaje przesunięty i wyrzucony na bok. Równiak z przenośnikiem niweluje grunt z grubsza, wykonując pracę wstępną przy kształtowaniu powierzchni.

Równiak tego typu używa się najczęściej przy tych pracach ziemnych, w których jest duży przerzut mas z odwiezieniem na większą odległość. Ma on również szerokie zastosowanie przy budowie zbiorników wodnych, tam i kanałów. Zdejmując warstwy gruntu przy pomocy równiaka z przenośnikiem, można zejść na żadaną głębokość. Wydajność równiaka z przenośnikiem, gdy urobek bezpośrednio wysypuje się z koryta na ziemię wynosi dla typu N 48 holowanego przez traktor Caterpillar D8 — 532 m³/godz. Jeżeli urobek z koryta jest wyrzucany do środków przewozowych, to wydajność pracy się zmniejsza i wynosi około 300

m³/godz. Normalnie równiak z przenośnikiem posiada koła żelazne. Niektóre typy posiadają zamiast kół gąsienice. Często się spotyka w użyciu typ mniejszy N 42, do holowania którego potrzebny jest ciągnik D7.

KOPACZKI (EXCAVATORS).

Ogólnie kopaczki dzielą się na jedno-szuflowe i wieloszufłowe (jedno i wiele-kubłowe).

Kopaczki jedno-szufłowe.

Kopaczki jednoszufłowe są obecnie bardzo rozpowszechnione i stosowane na całym świecie do robót ziemnych, związanych z kopaniem i przesuwaniem mas ziemnych.

Ze względu na pojemność szufli dzielimy kopaczki na :

1. kopaczki małe o pojemności szufli do .. 1,5 m³
2. „ „ średnie o pojemności szufli do .. 2,0 — 4,0 m³
3. „ „ wielkie o pojemności szufli do .. 4,0 — 25,0 m³

Ciężar kopaczek szybko wzrasta z pojemnością szufli i wynosi od kilku do kilkuset ton. Kopaczki małe i średnie są ruchome i mają zastosowanie przy robotach ziemnych, wodnych, melioracjach, robotach górniczych, kamieniołomach i przy ładowaniu gruzu i żwiru na środki przewozowe. Kopaczki wielkie mają zastosowanie głównie przy robotach górniczych, przy odkrywkach i robotach ziemno-wodnych o wielkich kubaturach i dużym promieniu kopania. Kopaczki wielkie są produkowane w Ameryce. W Anglii są produkowane kopaczki wg. konstrukcji amerykańskiej o pojemności kubła do 8 m³. Kopaczki niemieckie są produkowane o pojemności kubła do 3 m³.

Kopaczki składają się z trzech zasadniczych części :

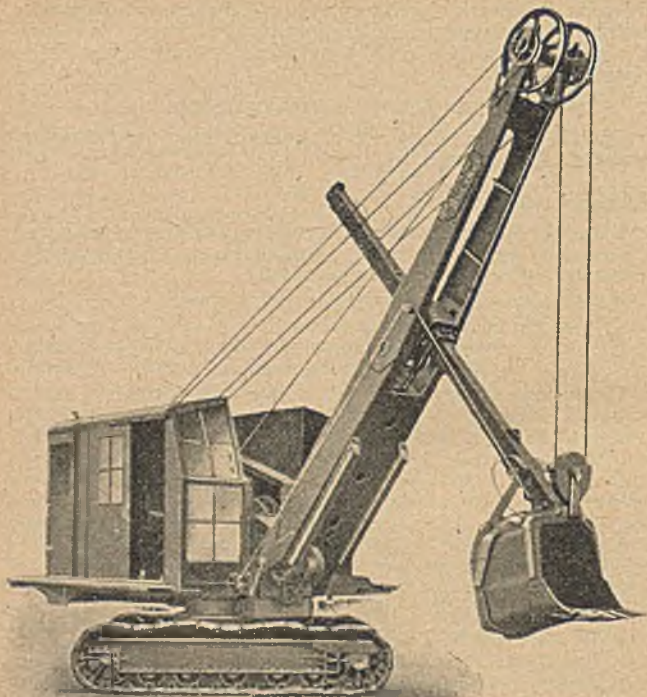
1. Podwozia, 2. Nadwozia, 3. Uzbrojenia.

Podwozia kopaczek mogą być : gąsienicowe, samochodowe, kołowe do ruchu po szynach i podwozia „Walking draglines.“

Obecnie używa się przeważnie podwozi gąsienicowych, gdyż ten system podwozia zezwala kopaczkom poruszać się po nierównym terenie i wywiera stosunkowo nieduże ciśnienie na grunt. W bardzo słabym gruncie kopaczki ustawiane są na podkładach drewnianych lub matach.

Podwozia samochodowe są stosowane do kopaczek najmniejszych (dla szufli o pojemności do 1 m³). Ten typ podwozi jest stosowany przy robotach budowlanych, miejskich i fabrycznych.

Podwozia kołowe do ruchu po szynach były stosowane powszechnie kilkadziesiąt lat temu. Obecnie są one wyparte przez podwozia gąsienicowe.



Kopaczka przedsiębierna — Ruston Bucyrus 0,7 m³.

Nadwozie kopaczki składa się z następujących części : ramy, zawieszania, kozła, źródła energii, mechanizmów, układu kierowniczego i stanowiska kierowcy oraz budy.

Zródło energii.

Napęd kopaczek może się odbywać przy pomocy następujących źródeł energii :

1. maszyna parowa,
2. silnik benzynowy,
3. silnik Diesela,
4. prąd elektryczny.

1. Kilkanaście lat temu stosowana była powszechnie do napędu kopacek maszyna parowa, obecnie wyszła ona prawie całkiem z użycia. Maszyna parowa wymaga dostarczania dużej ilości paliwa i wody, posiada zwykle duże wymiary, potrzebuje straty czasu na rozpalenie kotła, wymaga dodatkowo palacza, pozatem jest trudną do utrzymania w czystości. Nie nadaje się ona do kopaczek małych, lecz dla kopaczek średnich i wielkich może być użyta z powodzeniem, szczególnie z powodu niższego kosztu materiału pędnego.

2. Silnik benzynowy jest mniej ekonomiczny niż silnik Diesela, wobec czego oplaca się przy kopaczkach mniejszych. Normalnie moc jego przy kopaczkach nie przekracza 30 K.M.

3. Silnik Diesela jest obecnie powszechnie stosowany przy kopaczkach małych i średnich. Posiada on tę zaletę, że ciężar i objętość materiałów pędnych jest mały, a ich dostawa nie krępuje ruchu kopaczki. Silniki Diesela, używane do kopaczek, są typu stałego o obrotach 500 — 1.500 na minutę.

4. Prąd elektryczny dostarczany kablem. Kopaczka o takim napędzie może być tylko tam użyta, gdzie jest sieć elektryczna. Naogół ten napęd ma dużo zalet i może być zastosowany do wszystkich wielkości kopaczek. Częściej jednak ma on zastosowanie przy kopaczkach średnich i wielkich, które mało się poruszają.

We wszystkich kopaczkach moc silnika uzależniona jest od udźwigu kopaczki, czyli od pojemności szufli. Normalnie kopaczki posiadają dwa biegi, przyczym niski bieg posiada szybkość 1,4 km. na godz., bieg wyższy posiada szybkość ok. 3,5 km./g.

Należy pamiętać, że przesuw kopaczek o własnym napędzie niszczy maszyny i drogi, po których się odbywa, dlatego też należy go ograniczać do niezbędnej konieczności.

Uzbrojenie przednie kopaczki.

Uzbrojenie przednie jest to ta część kopaczki, która jest umocowana z przodu do ramy nadwozia. W kopaczkach małych można uzbrojenie przednie zmieniać i w ten sposób przystosowywać kopaczkę do danego rodzaju robót.

W zależności więc od uzbrojenia można używać kopaczkę jako :

1. kopaczka czerpakowa — Dragline,
2. „ „ przedsiębierna — Face shovel,
3. „ „ podsiębierna — Buckackter,
4. „ „ o szufli posuwnej, lub odsiębierna — Skimmer,
5. „ „ chwytakowa — Clamshell excavator.

Pozatem uboczne zastosowanie kopaczek może być jako :

6. Żóraw — Crane,

7. Kafar — Piledriver.

Kopaczka czerpakowa (Dragline).

Czerpak kopie grunt, zgarniając go w kierunku maszyny. Kopaczka czerpakowa pracuje z górnego poziomu. Czerpak zawieszony jest na dwóch linach. Jedna z lin służy do podnoszenia czerpaka, a druga służy do wleczenia go w czasie napełniania. W zależności od napięcia lin, położenie czerpaka może być zmieniane. Przy wypróżnianiu czerpaka lina dolna zostaje zwolniona, przez co czerpak przybiera położenie pionowe dnem do góry. W układzie czerpaka znajduje się jeszcze trzecia lina, przy pomocy której czerpak ustawia się w żądanym położeniu.

Ponieważ na wysięgnik w czasie kopania nie działają duże siły, wobec tego do kopaczki czerpakowej stosuje się długie wysięgniki o konstrukcji kratowej, przez co uzyskuje się wielki promień kopania. Promień kopaczki zależy też od wielkości czerpaka — im czerpak jest mniejszy, tym wysięgnik mógłby być dłuższy ; wielkość czerpaka zależy znowu od jego konstrukcji i rodzaju materialu kopanego.

Kopaczka czerpakowa ma duże zastosowanie : przy robotach ziemno-wodnych, budowie głębokich wykopów, przy poszerzaniu dróg, kopaniu rowów i kanałów, robotach fortyfikacyjnych oraz używa się jej też do zdejmowania wierzchniej warstwy gruntu.

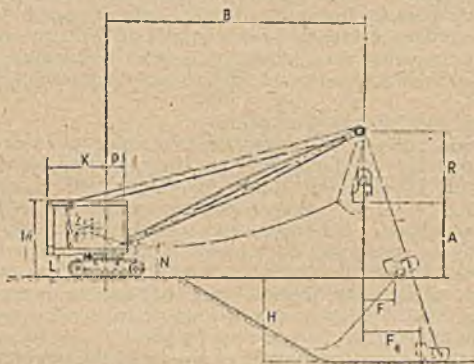
Przy robotach ziemno-wodnych można najczęściej stosować czerpaki lekkie, zrobione w całości z blachy, a więc lżejsze. W ten sposób uzyskuje się możliwość zastosowania większych czerpaków. Dla gruntów o średniej twardości stosuje się czerpaki o mocniejszej konstrukcji, które posiadają część tnącą wykonaną ze stali. Przy kopaniu twardszych gruntów oraz rud stosuje się czerpaki z ostrymi kłami, które mogą być wyjmowane celem ostrzenia lub wymiany.

Do pracy kopaczka czerpakową należy zatrudniać operatorów o dobrych kwalifikacjach, bo przy tym rodzaju kopaczki umiejętność kopania ma bardzo wielki wpływ na trwałość kubła, lin i uzbrojenia czerpakowego. Na rysunku podano schemat kopaczki czerpakowej, oraz tabelkę z wymiarami dla pojemności czerpaka 0,7, 0,6, 0,5 i 0, 4m³.

Kopaczka przedsiębierna (Face shovel).

Kopaczka przedsiębierna ma bardzo duże zastosowanie przy plantowaniu dużych nasypów oraz przy pracy w żwirowniach i kopalniach rud. Przy plantowaniu terenu używa się jej tam, gdzie zbierak nie ma miejsca na poruszanie się.

Kopaczka czerpakowa



Pojemność szufli	700 l	600 l	500 l	400 l
Długość wyciągu	12,20	12,20	15,25	18,30
Pochylenie wyciągu	40°	26°	26°	25°
A Wysokość wyładowania	6,25	4,10	5,80	7,00
B promień wyładowania	10,65	11,90	14,65	17,50
F Odległ.zarzutu w poziomie	4,25	4,25	4,55	4,90
F ₁ " " na dnie wykopu	5,50	5,50	5,80	6,10
H Max.głębokość bagrowania	Średnio = $\frac{1}{2}$ B. Zależy od rodz. materj. i warunk. lok. Max. H=B			
K Promień obrotu budy	2,90	2,90	2,90	2,90
L Dno budy nad terenem	0,95	0,95	0,95	0,95
M Wierzch budy nad terenem	3,25	3,25	3,25	3,25
N Wysok.umocowania wyciągu	1,40	1,40	1,40	1,40
P Prom.obrotu umocow.wyciągu	1,15	1,15	1,15	1,15
R w przybliżeniu	2,90	2,90	2,65	2,45

Uzbrojenie kopaczki składa się: z wysięgnika, o konstrukcji blaszanej, na którym, w połowie długości, umocowane jest przegubowo ramię. Na końcu ramienia znajduje się szufla. Szufla stale jest prowadzona przy pomocy ramienia i ruch jej jest kontrolowany przez operatora. Ruch tnący uzyskuje się przez podnoszenie szuflki przy pomocy liny przerzuconej przez wysięgnik. Regulowanie grubości ścinanej warstwy uzyskuje się przez wysuwanie lub wsuwanie ramienia przy stałym nachyleniu wysięgnika, lub przy zmianie nachylenia wysięgnika i przy stałej długości ramienia.

Kopaczka podsiębierna (Buckackter).

Kopaczki podsiębierne używa się przede wszystkim do kopania rowów pod rury wodociągowe, kanalizacyjne czy też pod kable elektryczne. Pojemność szuflki przy kopaczkach podsiębiernych nie przekracza $\frac{1}{3}$ m³. Ramię jest umieszczone przegubowo na końcu wysięgnika. Na drugim końcu ramienia znajduje się szufla. Dwie liny są dołączone do końców ramienia. Ruch tnący jest powodowany przez linę dolną, podczas gdy liną górną reguluje się głębokość cięcia. Opróżnianie szuflki odbywa się przez otwarcie kłapy na dnie, lub przez wyprostowanie ramienia i wysięgnika, przyczem szufla zostaje odwrócona do góry.

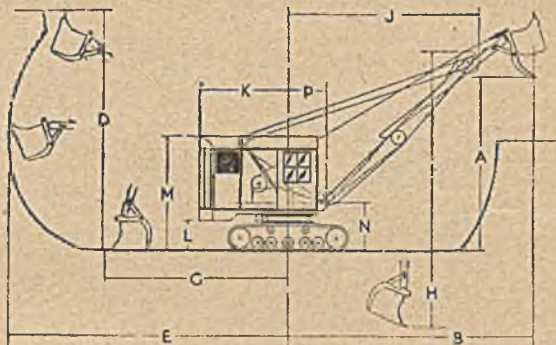
Ze względu na to, że w czasie pracy wysięgnik przyjmuje bardzo niskie położenia, stosuje się z przodu nadwozia dodatkowy koziół z rolkami linowymi dla zmniejszenia sił w linach, wysięgniku i ramieniu.

Kopaczka o szuflki posuwnej lub odsiębierna (Skimmer).

Kopaczka o szuflki posuwnej może pracować w poziomie. Wysięgnik posiada silną konstrukcję blaszana. Szufla w kopaczce odsiębiernej stosuje się o pojemności do $\frac{1}{3}$ m³, jest ona zaopatrzona w rolki i jeździ po wysięgniku. Przy wysięgniku zastosowane są dwie liny, jedna ciągnie szuflę przy przesuwaniu szuflki wzdłuż wysięgnika, zaś druga podnosi wysięgnik. W czasie nabierania urobku wysięgnik jest ustawiony stale w jednym położeniu. Wypróżnianie szuflki odbywa się przez otwarcie kłapy w dnie szuflki i ewentualne podniesienie wysięgnika. Głębokość ukopu reguluje się pochyleniem wysięgnika. Gdy wysięgnik zajmie położenie poziome, to kłapy kubła znajdują się na wysokości zewnętrznej powierzchni dolnych gaśnic podwozia.

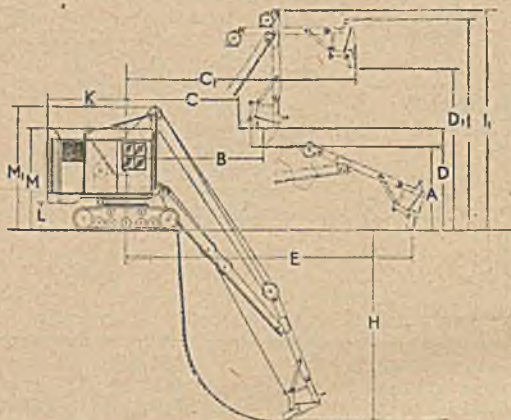
Kopaczka o szuflki posuwnej najwydatniej pracuje przy zdejmowaniu niewysokich pagórków lub nasypów; używa się jej tam, gdzie maszyny ruchome — jak zbieraki lub spychaki — nie mają miejsca na poruszanie się. Kopaczka o szuflki posuwnej może być użyta z powodzeniem przy ładowaniu żwiru, tłuczni lub kamienia łamanego z przyz na środki przewozowe.

Kopaczka przedsiębiorna



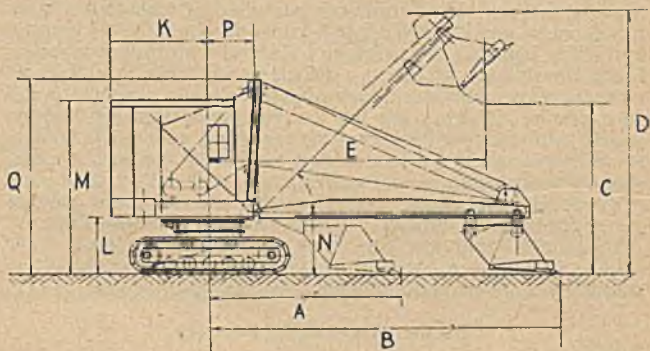
Pojemność szufli	300 ltr		700 ltr	
Długość wyciągu	4,10 m		5,65 m	
Dźwignia krótka	3,05		4,04	
Pochylenie wyciągu	45°	60°	45°	60°
A Max.wysok.wyładunku	3,35	4,20	4,70	5,95
B Prom.przy max.wys.wyład.	4,80	3,90	6,95	5,65
B, Max.promień wyładunku	5,20	4,70	7,40	6,80
D Najwyższy zasięg szufli	5,00	6,00	6,85	8,25
E Największy promień cięcia	5,80	5,35	8,30	7,70
G Max.promień zasięgu w poziomie gasienic doln.	3,30	2,90	5,20	4,70
H Max.głębokość ukopu	1,05	0,61	2,00	1,65
I Wys.przestrz.woln.dla wyc.	4,50	5,15	5,65	6,45
J Promień przestrzeni wolnej dla wyciągu w poziomie	3,75	2,90	5,35	4,20
K Promień przestrzeni wolnej dla obrotu budy operat.	1,70	1,70	2,90	
L Spód budy nad terenem	1,00	1,00	0,95	
M Wierzch budy nad terenem	3,00	3,00	3,25	
N Wysok.umocowania wyciągu	1,20	1,20	1,40	
P prom.obrotu umocow.wyciągu	0,70	0,70	1,15	

Kopaczka podsiębierna



Pojemność szufli	500 ltr	700 ltr
Długość wyciągu	5,75 m	6,10 m
Dźwignia krótka	2,70	2,64
A Max.wysok.wyładunku	2,60	2,60
B Najmn.promień wyładunku	4,25	4,75
C Promień początku wyład.	3,45	—
C ₁ Promień końcowy wyład.	7,30	—
D Wysok.wolna na pocz.wył.	3,20	—
D ₁ Wysok.wolna na końcu wył.	5,05	—
E Max.promień ukopu	8,85	9,15
H Głębokość ukopu	5,65	5,50
I Wysokość szufli podnies.	6,55	6,50
I ₁ Wysokość dźwigni krót.podn.	6,85	—
K promień obrotu budy operat.	2,45	2,90
L Wysok.budy nad pow.ziemi	0,85	0,95
M Wysokość budy operatora	3,20	3,25
M ₁ Wysokość części wyst.budy	3,85	4,90

Kopaczka o szufli. posuwnej



Pojemność szufli	400 ltr	500 ltr
Długość wyciągu	5,75 m	5,75 m
A Wysokość wyładunku 60°	5,25	5,25
B Promień wyładunku 60°	5,20	5,20
E Najw. promień cięcia	7,60	7,60
F posuw szufli	3,60	3,60
I Max.wys.przestrz.woln.wyc.	6,40	6,40
J Max.promień wyciągu podn.	5,50	5,50
K Promień obrotu budy	2,45	2,45
L Wysok.budy nad terenem	0,85	0,85
M Wysok.budy operatora	3,20	3,20
M, Wys.całk.budy z wyst.częścią	3,85	3,85

Kopaczka chwyதாகowa (Clamshell excavator).

Kopaczka chwyதாகowa zazwyczaj naleŹy do kopaczek mniejszych. Rzadziej uŹywa się jej przy robotach ziemnych, ma natomiast bardzo duŹe zastosowanie w portach przy rozładunku baryk z materialów sypkich. Wysięgnik kopaczki chwyதாகowej jest taki sam jak w kopaczce czerpakowej i stanowi konstrukcję kratową. Szuffla chwyதாகowa składa się z dwóch szczęki, które rozchylają się z chwilą opuszczenia ich do wysokości materialu przeznaczonego do pobrania. Z chwilą gdy lina zaczyna podnosić szufflę do góry, szczęki uzbrojone w kły zamykają się i zgarniają material do środka. Po ustawieniu szuffli z załadowanym materiałem nad lorą, szczęki, zapomocą pociągnięcia lin, rozchylają się i material wysypuje się.

Kopaczki chwyதாகowe często są uŹywane do robót wodnoziemnych, kopania kanałóv, bagrowania rowóv, stawóv i t.p.

Pojemnoř szuffli jest przy tych kopaczkach mniejsza i nie przekracza pół metra sześć. Wydajnoř pracy kopaczki chwyதாகowej, w poróvwnaniu do innych kopaczek, jest mniejsza.

Uboczne zastosowanie kopaczek.

Źóraw.

Kopaczka, uŹyta jako źóraw, posiada przewaźnie wysięgnik kratowy. Po podniesieniu cięŹaru, moŹe ona się z nim obracać, natomiast nie powinna jeździć. Źóraw wykorzystuje tylko jeden bęben kopaczki. Gdy wymagana jest duŹa delikatnoř w manewrowaniu cięŹarem, stosuje się spręŹło hydrauliczne na wale silnika.

Kafar.

Czasami kopaczki małe mogą mieć zastosowanie jako kafary do zabijania pali i ścianek szczelnych. W tym celu dostawiane są specjalne prowadnice pionowe.

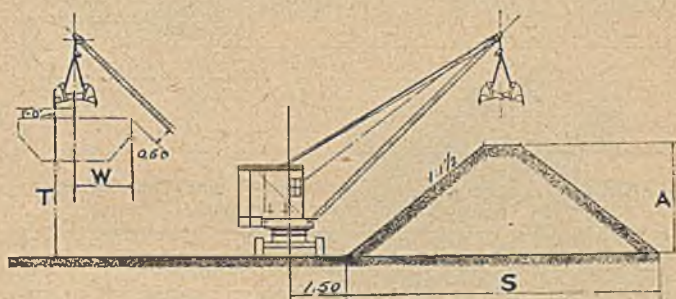
Uzbrojenie uniwersalne.

Angielska firma Ransome & Rapier produkuje uzbrojenia uniwersalne przy swoich kopaczkach 0,3 m³. Wysięgnik, ramię i szuffla, odpowiednio złożone, mogą pracować jako: kopaczka przedsiębierna — podsiębierna — o szuffli posuwnej i jako źóraw. Zaletą tego uzbrojenia jest prostota i tanoř, wadę stanowi zbyt cięŹka szuffla, która wplywa ujemnie na wydajnoř.

Wydajnoř pracy kopaczek.

W tabeli I. podano godzinną wydajnoř pracy poszczęgowych typóv kopaczek, liczoną dla gruntóv ilastych łatwo kopalnych, w załóŹeniu, Źe praca jest prowadzona bez przerwy, a nadwozie kopaczki obraca się o 90° celem wyladowania urobku. Wydajnoř

Kopaczka szczękowa



Pojemność szufli	300 ltr		170 ltr	
	wymiary w metrach			
Drugosc wyciągu	8,55		8,55	
Max. promień zsypu	5,50		7,00	
"A..	3,35		4,55	
"S..	9,15		10,80	
Promień 6,10 m	5,65	1,05	—	—
Promień 7,65 m	—	—	4,25	1,80

TABELA I. Godzinna wydajność pracy kopaczek w gruncie ilastym.

Geometryczna pojemność szufli	Zużycie paliwa na godz.	Ciężar kopaczki	Wydajność kopaczki na godzinę		
			przedsiębiorcza	podsiębiorcza czerpakowa odsiębierna	chwytakowa
m ³	litr.	ton	m ³	m ³	m ³
0,3	2,25	9,0	30	27	15
0,4	4,55	15,5	36	34	18
0,5	5,70	17,0	51	42	27

TABELA II. Współczynniki wydajności pracy dla kopaczek pracujących w różaych gruntach.

Rodzaj gruntu w którym pracuje kopaczka	Współczynniki dla kopaczek różnych typów	
	przedsiębiorcza podsiębierna czerpakowa odsiębierna	szczękowa
Grunty ilaste i wilgotny piasek	1,00 — 1,15	0,90
Gleba, suchy piasek	0,80 — 0,90	0,70
Miękka glina, żwir	0,65 — 0,75	0,40
Glina z kamieniami	0,45 — 0,65	0,30
Luźne kamienie, twarda glina, kreda	0,30 — 0,40	0,10

kopaczek dla innych gruntów uzyskać można przez pomnożenie danych z tablicy I. przez współczynniki podane w tablicy II.

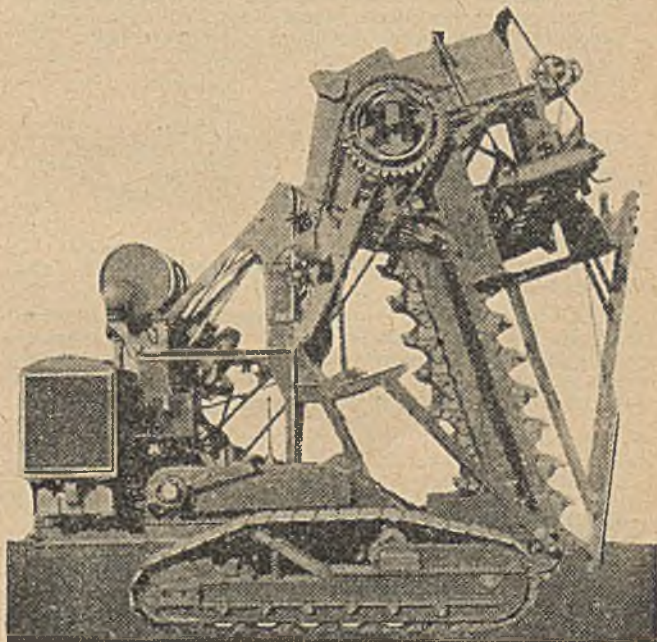
Wydajności podane w tablicy I. są uzyskane przy dobrze wyszkolonej obsłudze. W pewnych sprzyjających warunkach pracy podane wydajności mogą wzrosnąć o 25%. W warunkach złych wydajności mogą spaść o 25%.

Celem otrzymania wydajności w różnych gruntach, należy dane z tabeli I. pomnożyć przez odpowiedni współczynnik z tabeli II.

Kopaczki wielokubłowe.

Zasada działania kopaczek wielokubłowych polega na tym, że szereg kubłów połączonych zapomocą łańcuchów lub lin stanowi taśmę, która obejmuje wysięgnik. Taśma z kubłów, poruszając się ruchem ciągłym dookoła wysięgnika, czerpie kubłami grunt, podnosi go w kubłach do pewnej wysokości, poczem wysypuje

urobek do rynny z dnem taśmowym ruchomym, z której materiał zsuwa się na bok. Ruch kubłów powoduje wykop w kształcie rynny. W czasie pracy kopaczka posuwa się naprzód, przez co coraz nowa warstwa gruntu zostaje zebrana. Wysięgnik może być nachylany pod dowolnym kątem. Ze względu na umieszczenie wysięgnika względem kopaczki, rozróżnia się kopaczki wielokubłowe boczne i tylne.



Kopaczka wielokubłowa tylna.

Kopaczki do prac suchych są podsiębierne, umożliwiając w ten sposób zbieranie urobku wzdłuż całego profilu stoku. Materiał wysypuje się z kubłów przez tylną krawędź. Kopaczki do prac wodnych nadsiębierne wysypują materiał wraz z wodą przez obrócenie kubłów dnem do góry. Kubły maszyn dużych mogą

zwisac wolno z wysięgnika, lub mogą być prowadzone przez wysięgnik. Ze względu na ograniczony kąt kopania, głębokość kopania dla kubłów wolno-zwisających nie przekracza 15 mtr. Dla większych głębokości trzeba stosować kubły prowadzone.

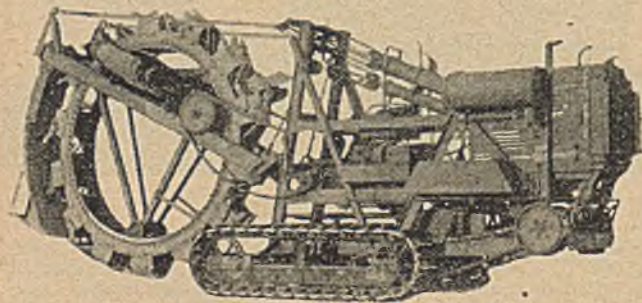
Do robót drogowych, kanalizacyjnych, drenarskich i wodociągowych używa się kopaczek wielokubłowych tylnych; rysunek jednej z takich kopaczek został podany na poprzedniej stronie. Jest to kopaczka typu „Barber-Greene Model 44 C”. Kopaczka posiada do napędu motor benzynowy 6-cylindrowy o mocy 62 H.P.

waga .. .. .	.. .. .	10½ t.
całkowita długość .. .. .	.. .. .	5,41 mtr.
.. szerokość .. .. .	.. .. .	3,35 mtr.
.. wysokość .. .. .	.. .. .	4,85 mtr.
szerokość kopania .. .. .	.. .. .	0,45 — 0,61 mtr.
głębokość kopania .. .. .	.. .. .	2,50 mtr.
zużycie paliwa .. .. .	.. .. .	22,5 ltr./godz.

Kopaczka Cleveland Model 110.

Inną odmianę kopaczek wielokubłowych stanowi kopaczka typu „Cleveland Model 110”.

Jest to kopaczka tylna, w której pas ciągły kubłów zastąpiono kołem, na którym osadzone są kubły. Koło to przy pomocy specjalnego wysięgnika można podnosić i opuszczać. Typ ten jest bardzo wydajny w pracy i ma duże zastosowanie przy kopaniu rowów drogowych, kanalizacyjnych, wodociągowych, drenarskich i t.p.



Kopaczka do rowów typu Cleveland Model 110.

Waga	5,5 ton.
Głębokość wykopu	0,46 — 1,75 m.
Szerokość wykopu	0,46 — 0,60 m.

Wydajność pracy kopaczek wielokubłowych jest bardzo duża i dla kopaczki „Barber-Greene Model 44 C“ dochodzi w sprzyjających warunkach do 300 m³/g.

Nie mogą one pracować w gruntach twardych, kamienistych i porośniętych korzeniami.

Przy pracy w nierównym gruncie należy regulować wysokość gąsienic tak, by były one w jednym poziomie, podkładając w tym celu pomost z desek.

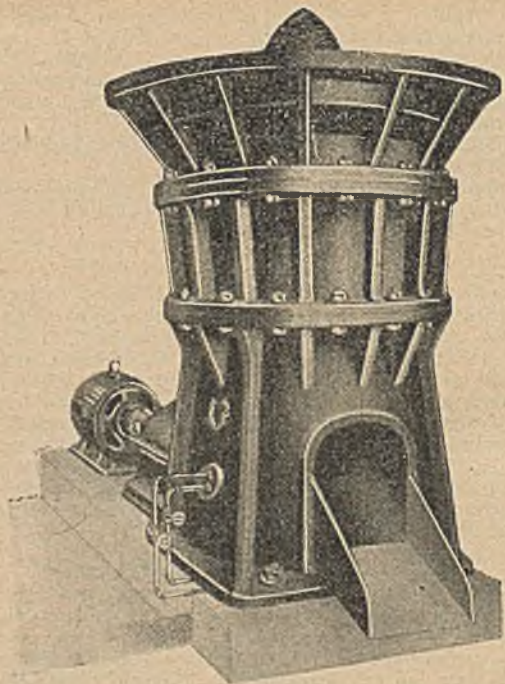
Transport kopaczek.

Transport kopaczek małych nie nastęrcza większych trudności. Ciężar ich wynosi 5 — 18 t., a wymiary pozwalają na przewóz ich koleją lub drogami na specjalnych przyczepkach. Kopaczki większe należy demontować, nawet do stosunkowo niedługich przewozów drogą, ze względu na prześwit dróg i mostów. Na małe odległości i o ile grunt jest wytrzymały lub o ile droga jest dobra — kopaczki mogą przesuwać się o własnym napędzie. Szybkość poruszania się kopaczek małych i średnich wynosi na biegu wolnym 1,4 km./g. Przesuw kopaczek o własnym napędzie wpływa ujemnie na maszyny i dlatego lepiej jest kopaczki przewozić na transporterach. Kopaczka, przesuująca się o własnym napędzie, może pokonywać wzniesienia do 20°.

MASZYNY DO WYROBU KRUSZYWA.

Materiał kamienny w kamieniołomie zostaje przerobiony w łamaczach szczękowych lub stożkowych, przesiany przez sita obrotowe lub wibracyjne i częstokroć przemyty w płuczkach. Wszelkie urządzenia do wyrobu kruszywa wyrabiane są jako maszyny stałe lub też przewoźne. Nowoczesne nawierzchnie wymagają bardzo wielkiej ilości drobnych materiałów jak grysów, grysiku i miału. Do wstępnego łamania używa się łamaczy szczękowych lub łamaczy stożkowych. Łamacze stożkowe stosowane są tam, gdzie chodzi o bardzo wielkie wydajności. Po odsianiu drobnych frakcji, tłuczeń jest kierowany na granulatory szczękowe, które posiadają niewielką rozwarłość i mały skok szczęk, ale posiadają bardzo dużą ilość obrotów. Ostatnio, przed wojną zaczęto stosować grysowniki stożkowe i walcowe.

Wydajność łamaczy i grysowników zależy w znacznym stopniu od rozwarcia szczęk. Przy rozwarości 15 mm. dają łamacze szczękowe 0,75 do 6 m³/g., przy rozwarości 25 mm. dają 1,25 do 11 m³/godz. przy rozwarości 80 mm. wydajność wynosi 2 do 60 m³/godz. w zależności od wielkości łamaczy.

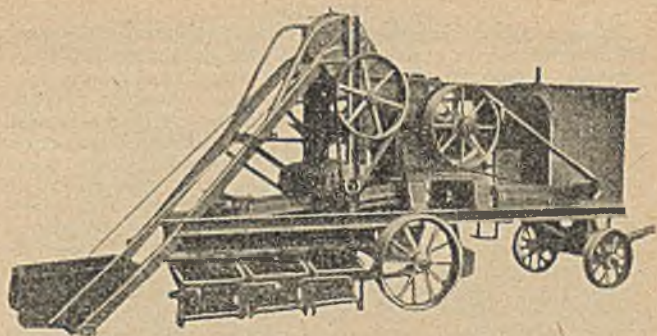


Łamacz stożkowy.

Duże zastosowanie znajdują obecnie łamacze i grysowniki przewożne o napędzie ropowym na podwoziu resorowanym, o kołach ogumionych, z sitem wibracyjnym i podnośnikiem.

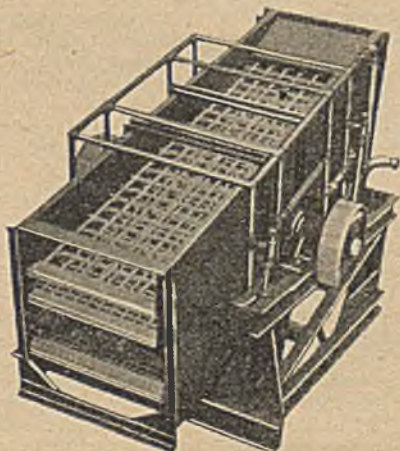
Wydajność 4 do 5 m³/godz. przerobionego materiału. Są też łamacze przewożne jako przyczepki samochodowe lub traktorowe lub też posiadające swój własny napęd.

Płuczki i sortowniki były do niedawna wyłącznie obrotowe, obecnie weszły w użycie i znalazły przewagę urządzenia wibracyjne. Służą one do sortowania i płukania materiałów łamanych i naturalnych.



Grysownik przewożny z sitem wibracyjnym i podnośnikiem.

Duży nacisk położony jest w konstrukcji sortowników na dokładność sortowania i oszczędność w eksploatacji. Płuczki wibracyjne mogą służyć również jako sortowniki bez płukania materiału. Wydajność płuczek i sortowników dochodzi do 40 t./godz.



Płuczka wibracyjna.

WALCE.

Jedną z najstarszych maszyn drogowych jest walec drogowy. Początkowo był on przeznaczony do ubijania nawierzchni tłuczniowych. Obecnie walce znajdują i inne zastosowanie, jak : wałowanie gruntów, wyrównywanie plantu, wałowanie podłoża, wałowanie ulepszonych nawierzchni ziemnych i nawierzchni ulepszonych wszystkich rodzaj. Często do poszczególnych celów są stosowane różne walce. Jednak firmy produkujące walce starają się nadać im taką konstrukcję, aby można było je użyć do różnych celów przez zastosowanie jedynie dodatkowych urządzeń, jak : dodatkowych obciążników, poszerzenia obręczy, doczepienie kół do zrywania starej nawierzchni i t.p. Niektóre walce posiadają dyferencjał z odpowiednią blokadą i sterowanie segmentowe do nawierzchni bitumicznych, jak również specjalne urządzenie do przewozu po torze kolejowym lub po zwykłych drogach. Do napędu walców stosuje się maszyny parowe, silniki Diesela, silniki benzynowe ; te ostatnie stosuje się do walców mniejszych. Spotykają się również silniki na gaz generatorowy, umożliwiające użycie drzewa jako materiału do napędu.

Walce bywają trójkołowe, tandemowe, jednowalczakowe, ponadto do ubijania nasypów i dróg ziemnych ulepszonych stosuje się walce okółkowane i ogumione.

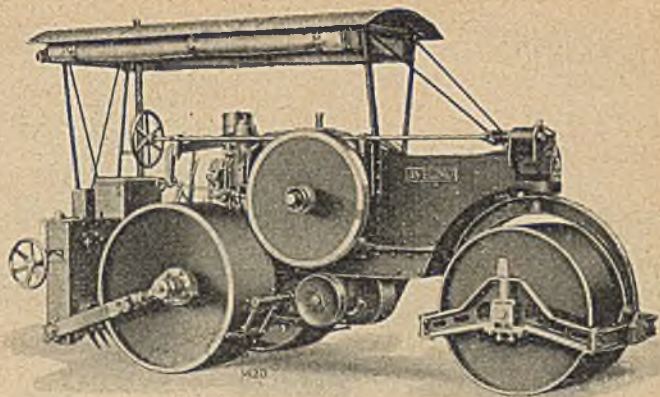
Walce trójkołowe.

Napęd odbywa się zarówno przy pomocy zmodernizowanej maszyny parowej, jak i bezkompresorowego silnika Diesla. Walce przeznaczone do budowy nawierzchni bitumicznych posiadają : dyferencjał, sterowanie segmentowe, cylindryczne powierzchnie walczków, urządzenie do zmiany kierunku biegu na miejscu, przekrycie kolein co najmniej 10 cm. Automatyczne ustawianie tylnych i przednich kół, zależnie od profilu drogi, oraz szybkość 1,8 do 5,5 km./godz.

Nacisk na 1 cm. szerokości obręczy przednich i tylnych kół w przybliżeniu powinien być jednakowy.

Celem uniknięcia tworzenia fal na nawierzchni, dąży się do możliwie dużej średnicy kół. W praktyce wynosi ona 1,15 do 1,20 m. dla kół przednich i 1,4 do 1,6 dla kół tylnych.

Dla zapobiegnięcia przylepiania się kół do nawierzchni, stosuje się urządzenia do zraszania kół. Resorowanie kół tylnych pozwala na lepsze skomprimowanie nawierzchni i wyszukanie wszystkich miejsc, gdzie nawierzchnia ma tendencję osiadania. Specjalny dział stanowią walce małe do ścieżek rowerowych i umacniania poboczy. Wyróżniają się one stosunkowo niską wagą i wąską budową. Duża zwrotność i uniknięcie wszelkich części wystających po bokach pozwala na wałowanie w bezpośrednim sąsiedztwie drzew, słupów i t.p.



Walec spalinowy trzykolowy 10 t.

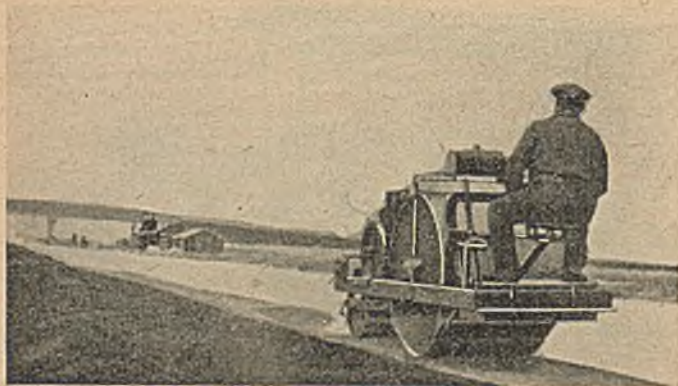
Walce tandemowe i jednowalczakowe.

Wyróżniają się one dużą zwrotnością i łatwością w zmianie kierunku. Do wad należy brak dyferencjału, co odczuwa się niekorzystnie na małych łukach.

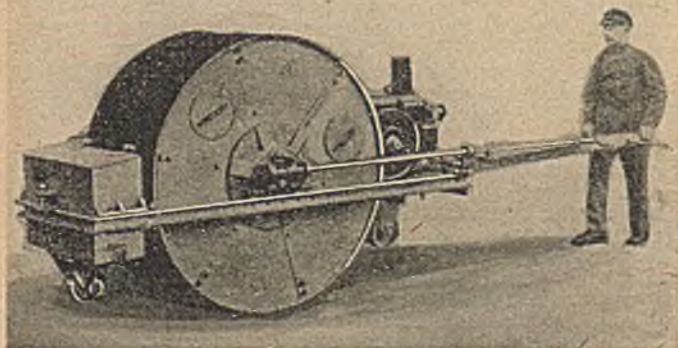
Jednakowe rozłożenie obciążenia na oba walczaki i jednakowe ich średnice powodują zagrzebywanie się walca w luźnym materiale. Spowodowało to dążność do zwiększenia średnicy walczaka napędzanego oraz przeniesienie nań prawie całego obciążenia walca, co doprowadziło do walca jednowalczakowego. Przez podział obu walczaków na niezależne połowy i zastosowanie dwóch dyferencjałów, osiągnięto dobre wpisywanie się walca nawet w bardzo małe luki.

Walce udeptujące.

Walce udeptujące służą do ubicia gruntów i ulepszonych nawierzchni ziemnych. Ubicie gruntów stosuje się nie tylko do świeżych nasypów, ale też i do gruntów macierzystych, których nośność jest niewystarczająca. Walec udeptujący składa się z walczaka stalowego, na którym osadzone są kołki stalowe w postaci ostrostupów ściętych o podstawie kwadratowej — walec okołkowany, kołków zakończonych stopkami — walec stopkowy i kołków zakrzywionych — walec sękaty. Kołki powodują ubicie gruntu w dwu płaszczyznach głównych: pionowej i poziomej. Osiadanie gruntu w kierunku pionowym jest przede wszystkim wynikiem bezpośredniego nacisku gładkiej powierzchni walca. Kołki, wbijając się w

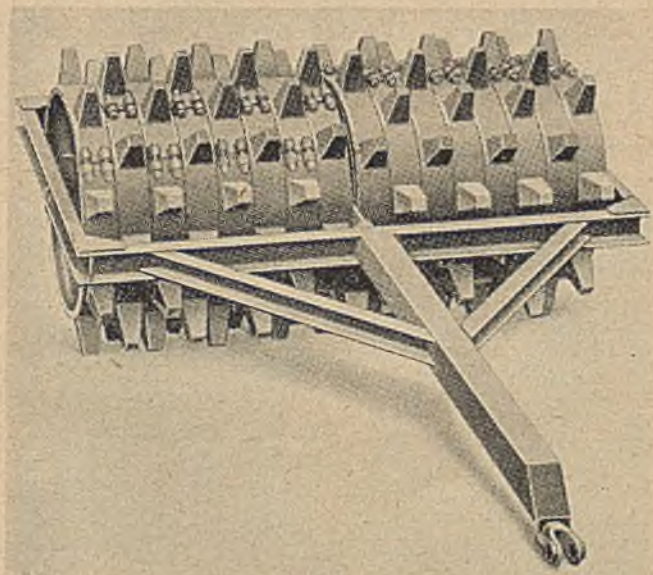


Walec mechaniczny jednowalczakowy do ścieżek dla kolarzy.



Walec jednowalczakowy do ścieżek dla kolarzy.

grunt, starają się go rozsunąć na boki, czyli komprymują go w płaszczyznach poziomych. Przy ubijaniu gruntu zapomocą walcowania można osiągnąć dla pewnych gatunków gruntu do 10% ubicia, co wyraża się procentowym zmniejszeniem objętości.



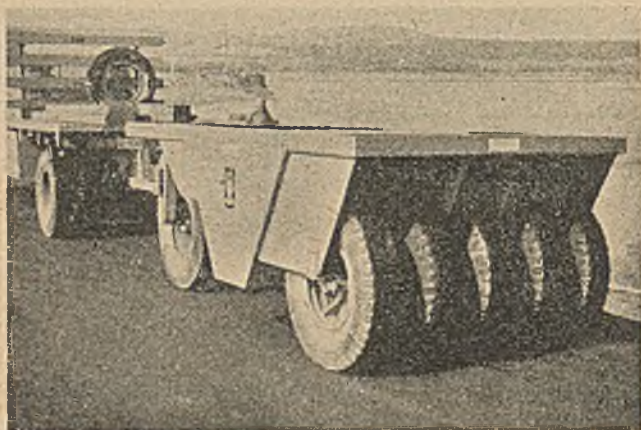
Walec okolkowany.

Są różne wymiary walców, stosownie do rodzaju gruntów. Wnętrze walczaka można wypełnić wodą lub piaskiem celem zwiększenia obciążenia jednostkowego na grunt. Zazwyczaj walce okolkowane są holowane.

Poniżej ujęto w tabelaryczne zestawienie wymagane ciężary walców gładkich i ciśnienie na cm^2 gruntu oraz powierzchnie kołków dla różnych rodzajów gruntów.

Walce okolkowane, po uwałowaniu gruntu, zostawiają cały szereg wgłębień, które należy usunąć, wałując walcem gładkim, albo wyrównując powierzchnię równiakiem (graderem) mechanicznym. Grunt jest wówczas dostatecznie uwałowany, gdy pod odpowiednio ciężkim walcem, przewidzianym dla danego gruntu, nie osiada.

Rodzaj gruntu	Walce okółkowane		Walce gładkie, ton
	Płaszczyzna kółków, cm. ²	Ciśnienie kg./cm. ²	
Piasek	58 — 77	3,4 — 7,0	3 — 5
II z piaskiem,	45	7 — 14	5 — 8
II z lekką gliną			
Ciężka glina, kamień	32 — 38	14 — 28	8 — 12



Walec pneumatyczny lub ogumiony.

Walce pneumatyczne—ogumione.

Walce pneumatyczne, lub ogumione, składają się z szeregów kół samochodowych osadzonych na jednej, dwóch lub więcej osiach. Całość stanowi przyczepkę, holowaną przez ciągnik. Skrzynie walców ogumionych można obciążać w miarę potrzeby od 2,5 do 10 ton.

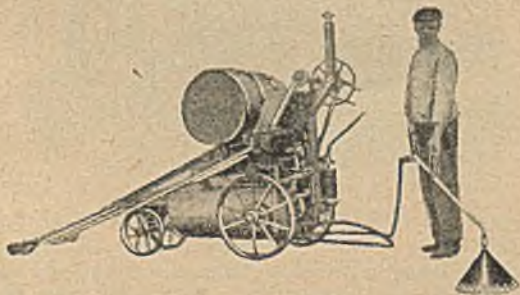
Prawidłowe wałowanie gruntów przy posiadaniu pełnego zestawu walców winno postępować w następującej kolejności: pierwsze pracują walce okółkowane, po nich wyrównują teren, prowadząc dalsze ubijanie, walce ogumione. Ostateczne ubicie oraz wygładzenie powierzchni dokonuje się walcami zwykłymi.

MASZYNY DO NAWIERZCHNI BITUMICZNYCH.

Ten dział maszyn stanowi dużą różnorodność, jakkolwiek prace wykonywane przez nie są podobne. Ogólnie maszyny do nawierzchni bitumicznych służą do podgrzewania i rozpryskiwania asfaltu i smoły, do rozpryskiwania emulsji bitumicznych, do gotowania asfaltów lanych oraz do wykonywania mieszanek kamienno-bitumicznych, pozatem pewien rodzaj maszyn służy do rozścielania warstwami gotowych mieszanek.

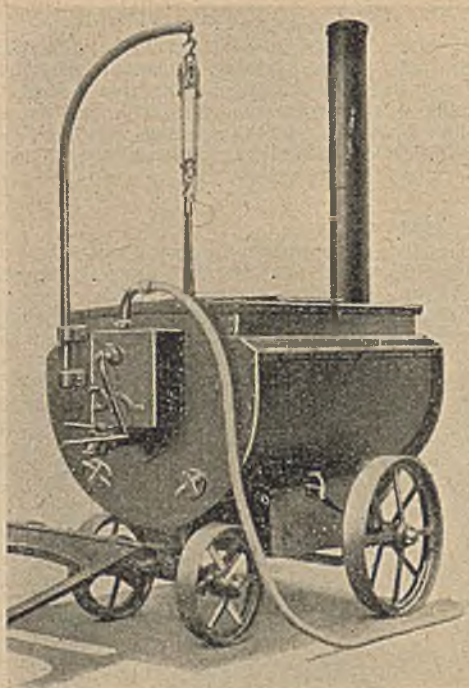
Skrapiarki i podgrzewacze.

Ten typ maszyn spotyka się od pojemności najmniejszych 200 ltr. do największych o pojemności 5.000 ltr. Są skrapiarki przystosowane do zimnych materiałów-emulsji, lub do gorących — smół i asfaltów. Skrapiarki do materiałów gorących mogą też być użyte i do materiałów zimnych. Obecnie rozpryskiwanie odbywa się prawie bez wyjątku przy pomocy sprężonego powietrza, przez co unika się kłopotliwego czyszczenia pomp z osiadającego bitumu i zanieczyszczeń. Zastosowanie sprężonego powietrza objęło również urządzenia najmniejsze, zaopatrzone w kompresory ręczne.



Skrapiarka o pojemności 250 ltr z ręcznym kompresorem.

Do przewożenia skrapiarek służą ciągniki; niektóre z nich są wyposażone w silniki służące do nadania ruchu postępowego oraz do sprężania powietrza. Skrapiarki do materiałów gorących posiadają urządzenia do utrzymywania potrzebnej temperatury lępiszcza lub też same służą jako podgrzewacze.



Skrapiarka typu Braham i Benham pojemności 1.450 ltr.

Skrapiarka Braham, Patterson i Benham o pojemności 1.450 ltr. posiada ręcznie poruszaną pompę. Kocioł spoczywa na silnej ramie stalowej, palenisko zastosowane do spalania ropy. Skrapiarka zaopatrzona jest w jeden rozpylacz, poza tem posiada ona specjalny kran do przelewania gorącego bitumu do miśzarek.

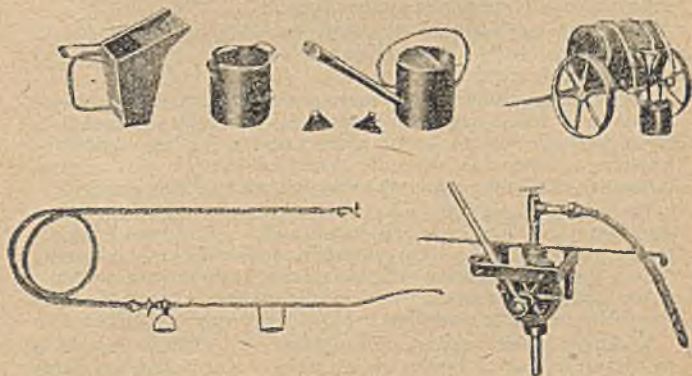
Ciężar skrapiarki	..	..	..	..	3,2 t.
Długość	..	..	..	..	4,05 m.
Szerokość	..	..	..	..	1,95 m.
Wysokość po zdjęciu komina	..	..	..	..	2,15 m.
Wydajność w normalnych warunkach	..	..	..	..	12 ltr./min.

Skrapiarki beczkowitzowe.

Ostatnio weszły w użycie na szeroką skalę skrapiarki beczkowitzowe. W Anglii i Ameryce jest w użyciu kilka ich typów o pojemności beczkowitzu 3.600 ltr. — 5.600 ltr. Mogą to być skrapiarki beczkowitzowe o własnym napędzie samochodowym lub też jako skrapiarki beczkowitzowe będące przyczepkami do ciągników lub samochodów.

Znalazły one bardzo wielkie zastosowanie przy robotach drogowych przy wykonywaniu wglębnego lub powierzchniowego bitumowania. Wydajność pracy ich jest bardzo duża i przy zastosowaniu mechanicznego rozścielacza gysu jedną taką maszyną można wykonywać bitumowanie drogi o nawierzchni 6 m. szer. około 3 km. na godz. Skrapiarki beczkowitzowe posiadają rozpryskiwacz rurowy, podgrzewacz i mogą też służyć do transportu materiałów bitumicznych w stanie płynnym.

Skrapiarki te są zaopatrzone w specjalne urządzenie zwane bitumetr, które pozwala odczytywać ilość rozlanego materiału na przejechanej długości. Służą one tak samo dobrze do rozpryskiwania na gorąco jak i na zimno. W miejscach, gdzie skrapiarki samochodowe nie mogą dojechać, skrapianie odbywa się przez rozpylacz, który jest dołączony do skrapiarki tego typu. Do podgrzewania przystosowane są palniki olejowe o niskim ciśnieniu. Szybkość podgrzewania dla asfaltu wynosi 1° — 2° C./min.



Przyrządy do rozlewania emulsji.

Pracując takimi skrapiajkami, należy pamiętać przy powierzchniowym bitumowaniu o szybkim zasypaniu rozlanego bitumu. W tym celu używa się specjalnych rozścielaczy grysu. Są to samochody o skrzyniach przechyłanych do tyłu, które zamiast klapy tylnej mają specjalne siewniki, pozwalające na równomierne wysypywanie się grysu. Podczas rozsypywania grysu, samochód jedzie tyłem w ten sposób, że koła tylne nie wjeżdżają na rozlany bitum, lecz na rozścielony grys.

Podgrzewacze, jak i skrapiajki są wyposażone w windy do podnoszenia beczek.

Do przelewania bitumów ze zbiorników do kotłów, lub z podgrzewaczy do skrapiajek — stosuje się czasami pompy do bitumów. Nowe typy tych pomp są skonstruowane jako przyczepki na dwu kołach ogumionych i posiadają motorki benzynowe do ich napędu.

Kotły do asfaltów lanych.

Kotły te bywają stałe lub przewoźne. Stałych kotłów używa się tylko na wielkich robotach. Wydajność ich sięga do 100 ton na 8 godzin. Ostatnio coraz bardziej rozpowszechnia się użycie kotłów przewoźnych. Kotły te, zaopatrzone w mechaniczne mieszadła, napędzane własnym motorem spalinowym. Często kotły wbudowane są na samochody. Posiadają one wymiary o następujących pojemnościach: 2,2 t., 3,0 t., 4,0 t., i 6,0 t. Opalanie kotłów odbywa się przy pomocy węgla lub ropy. Palenisko wyłożone jest cegłą ogniotrwałą. Zewnętrzne ściany kotła są izolowane celem uniknięcia straty ciepła.

Dla łatwiejszego opróżniania kotła, posiada on urządzenie do przechyłania. Koła są ogumione dla ułatwienia transportu i są zaopatrzone w łożyska rolkowe.

Dla zaoszczędzenia czasu stosuje się ogrzewanie i suszenie kruszywa w specjalnym bębnie suszarce. Następnie gorące kruszywo wsypuje się do kotła, gdzie znajduje się już podgrzane lepiszcze. Uprzednie ogrzanie kruszywa pozwala skrócić czas gotowania asfaltu do czasu nie wiele przekraczającego 1 godzinę.

Do wykonywania napraw są używane kotły na podwoziu jednoosiowym jako przyczepki do ciężarówek. Pojemność kotłów takich wynosi 1.750 kg. Do poruszania mieszadeł kotły posiadają własne motory spalinowe. Izolacja ścian kotłów bywa wykonywana z cegły lub azbestu. Stosowanie mieszadeł mechanicznych jest wielką zaletą, ręczne mieszanie nie daje dobrych wyników.

W końcu należy nadmienić, że kotły do asfaltów lanych są najróżnorodniejszych typów i konstrukcji. Każdy kraj ma swoje podejście do rozwiązywania zagadnień, oparte na własnych doświadczeniach.

Maszyny do mieszanek mineralno-bitumicznych.

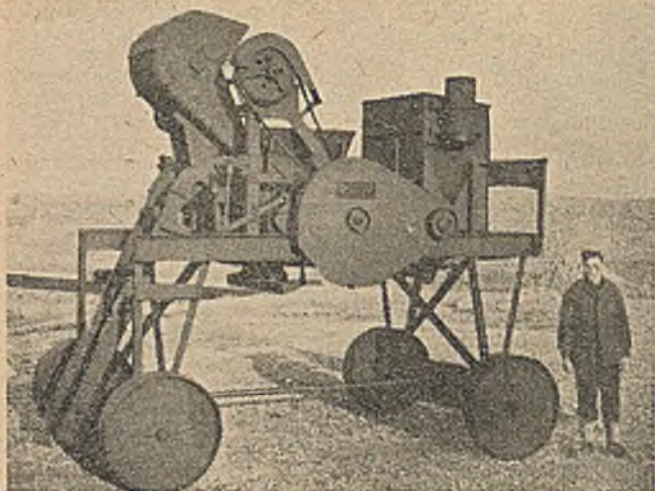
Maszyny do mieszanek mineralno-bitumicznych bywają stałe, np. do użycia w kamieniołomach — i przewoźne. Stałe maszyny posiadają wydajność od 15 t./godz. do 60 t./godz., przewoźne — od 3 t./godz. do 30 t./godz. Urządzenia do mieszanek bitumicznych budowane są obecnie najczęściej jako uniwersalne, to znaczy umożliwiające produkcję mieszanek zarówno asfaltowych jak i smołowych. Urządzenia te składają się z rotacyjnej suszarki bębnowej oraz mieszarki. Urządzenia o bardzo dużej wydajności posiadają nawet po dwie suszarki bliźniaczo obok siebie położone oraz po dwie mieszarki. Suszarki są zwykle zmontowane na osobnym podwoziu dla łatwiejszego transportu. Opalanie suszarki odbywa się przy pomocy koksu lub ropy.

Podawanie agregatu mineralnego do suszarki i do zbiornika odbywa się przy pomocy podnośników kubelkowych. Do mieszarki nasypuje się kruszywo w odważonych porcjach. Lepiszczce również jest ściśle dozowane według wagi. Konstrukcja mieszarek zależy od materiałów, do których są one przeznaczone. Dla drobnych materiałów do 30 mm. używa się mieszarek przeciwpądowych, o poziomym lub pionowym położeniu osi. Na osiach są osadzone łopatkki. Do mieszania grubszych frakcji są stosowane mieszarki o poziomych osiach. Ostatnio wprowadzono mieszarki wolnospadowe, zbudowane na zasadach betoniarek.

Na rysunku podana jest mieszarka ruchoma składająca się z podnośnika ładującego agregat mineralny, zbiornika spustowego, łopatek osadzonych na dwóch wałach obrotowych, oraz pompy dla bitumu. Napęd mieszarki odbywa się przy pomocy motoru Diesla, umieszczonego na podwoziu zmontowanym z przekroji walcowanych. Podwozie spoczywa na dwóch osiach o kołach stalowych. Cały zespół maszyny przystosowany jest do wytwarzania grysu bitumowanego, tarmakadamu i żwiru smołowanego. Mieszarka jest bardzo prostej konstrukcji i nie posiada podgrzewaczy.

Przy pracy, gdy miesza się materiał na gorąco, do podgrzania bitumu używa się osobnych podgrzewaczy. W czasie roboty, mieszarki tego typu należy ustawić na pomoście tak wysoko, aby materiał wymieszany w zbiorniku spadał bezpośrednio na lory samochodowe, lub inne środki przewozowe. Zbiornik do mieszania posiada pojemność 0,3 m³. Ilość mieszanek w ciągu godziny zależy od pogody i temperatury powietrza i wynosi od 10 do 15, co daje w ciągu 8-godzinnego dnia roboczego od 24 — 36 m³ materiału.

Zimne emulsje bitumiczne są wpompowywane bezpośrednio z beczek lub zbiorników.

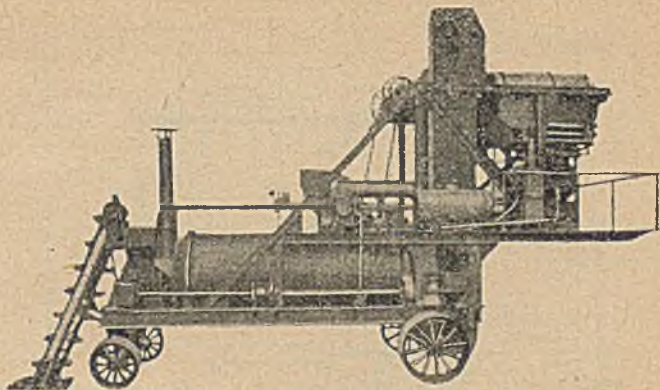


Mieszarka firmy Millars Mod. EE.

Ciężar mieszarki	..	..	..	5,85 t.
Długość	..	..	..	5,95 m.
Szerokość	..	..	..	3,60 m.
Wysokość	..	..	..	4,05 m.

Inny typ mieszarki przewoźnej małej do produkcji makadamu smołowego podano niżej na rysunku. Produkcja tej mieszarki wynosi około 2 m³ na godz. makadamu smołowanego. Mieszarka, podgrzewacz i suszarka są zmontowane na jednym podwoziu. Podwozie spoczywa na 4-ch kołach stalowych, przyczem mieszarkę przewozi się na krótkie odległości jako przyczepkę, na dalsze odległości — na lorach.

Cały zestaw posiada urządzenia takie same jak duże maszyny i produkuje pełnowartościowy materiał, tylko w mniejszych ilościach. Długość maszyny wynosi 4,0 m., wysokość 2,5 m.



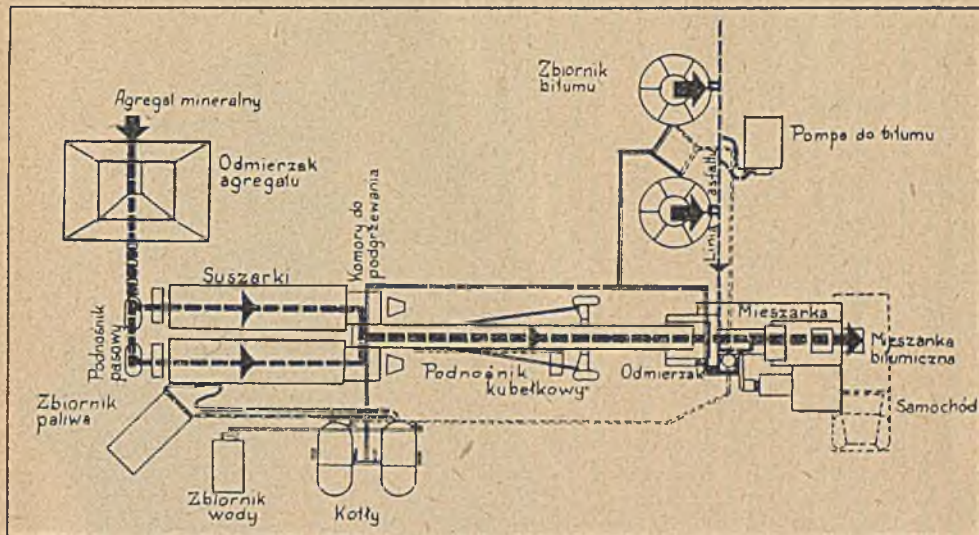
Mieszarka do makadamu smołowego.

Zestaw mieszarki wielkiej.

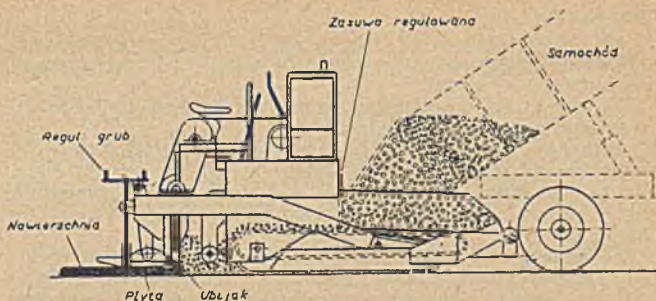
Na rysunku przedstawiono zestaw mieszarki do wielkich robót nawierzchniowych. Zestaw taki, z pewnymi tylko zmianami, co do typu poszczególnych maszyn jest bardzo często stosowany przy wielkich robotach; wydajność zestawu wynosi od 80 — 150 ton/godz.

Zestaw składa się z dziesięciu poszczególnych maszyn, a mianowicie :

1. podnośnik pasowy 0,61 m. szer. 17 m. dł.
2. suszarka agregatu mineralnego, składająca się z 2 walców obrotowych o wydajności 80 — 150 ton/godz.
3. podnośnik kubelkowy dla agregatu mineralnego osuszonego,
4. zbiornik na suchy agregat mineralny z urządzeniem dozującym,
5. podgrzewacz bitumu (ruchomy),
6. mieszarka bitumiczna poruszana zapomocą silnika,
7. system rurociągów dla doprowadzenia bitumu, wody, pary i t.p.,
8. pompa do tłoczenia asfaltu,
9. zbiorniki na asfalt z systemem rur do podgrzewania o pojemności 15.000 — 20.000 ltr.,
10. Kotły parowe i zbiornik na wodę.



Zestaw maszyn do mieszanek mineralno-bitumicznych.



Maszyna do rozścielania mieszanek bitumicznych.

Mieszanka bitumiczna zostaje wyrzucana bezpośrednio na środki przewozowe, jak lory samochodowe lub wywrotki i dostarczana na miejsce do rozścielania i uwalowania. Do rozścielania wprowadzone są obecnie specjalne maszyny rozścielające. Materiał zostaje wysypany z przechylonej skrzyni samochodu przez tylną klapę na maszynę do rozścielania. Następnie materiał zostaje mechanicznie przesunięty i w miarę potrzeby podgrzany przez specjalne urządzenie palników ropnych, poczem zostaje równomiernie rozścielony na żądaną grubość i rozsunięty specjalną płytą wykańczającą. Podczas rozścielania maszyna stale przesuwa się do przodu.

MASZYNY DO NAWIERZCHNI BETONOWYCH.

Do budowy nawierzchni betonowych używa się obecnie całego szeregu maszyn, a mianowicie :

1. maszyn do wytwarzania betonu t.j. betoniarek i sprzętu pomocniczego jak odmierzaków kruszywa, kopaczek do ładowania kruszywa do odmierzaczy i środków przewozowych jak samochodów i wywrotek samochodowych,
2. maszyn do rozścielania betonu,
3. maszyn do ubijania i wykańczania oraz,
4. maszyn do zalewania spoin.

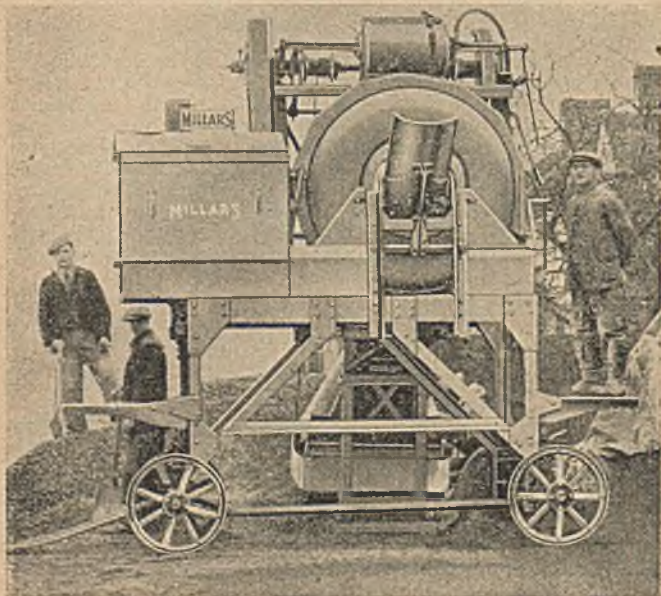
Betoniarki.

Do robót drogowych używa się betoniarek przewoźnych. Pojemność bębnow betoniarek przewoźnych, przy dużych robotach, dochodzi 1,5 — 2,0 m³.

Ze względu na sposób mieszania betonu, rozróżnia się betoniarki wolnospadowe i przeciwpądowe.

Betoniarki wolnospadowe są naogół tańsze w użyciu, wymagają mniej energii do napędu oraz wykazują mniejsze zużycie części. Za to czas mieszania jest dłuższy. Betoniarki przeciwpądowe mają krótszy czas mieszania i dają bardzo dobrze wymieszany beton.

Ze względu na konstrukcję bębnow, rozróżniamy betoniarki: jednobębnowe, dwubębnowe, betoniarki z bębniem przechyłanym dla opróżnienia i z bębniem nieprzechyłanym, betoniarki z obraca-



Betoniarka firmy Millars wysokopodwoziowa 14/10 typ M.K.I.

jącym się bębniem i betoniarki z obracającym się mieszadłem, oraz betoniarki miskowe.

Ze względu na sposób pracy, dzielą się betoniarki na betoniarki o produkcji ciągłej i okresowej.

Ze względu na budowę podwozia bywają: betoniarki dwukołowe, na kołach stalowych lub ogumionych, 4-ro kołowe na kołach stalowych lub ogumionych i betoniarki samochodowe, betoniarki poruszające się po szynach i betoniarki o podwoziu gąsienicowym; pozatem rozróżnia się: betoniarki wysoko podwoziowe i niskopodwoziowe.

Przy wyrobieniu betonu należy zwrócić uwagę na to, by betoniarka nie była przepelniona lub niedopelniona, by łopatki mieszadła nie były zbyt zużyte.

Dobra mieszarka powinna dawać beton dobrze wymieszany i o jednolitym zwilżeniu, pozatem powinna całkowicie się opróżniać po zamieszaniu i nie osadzać betonu wewnątrz bębna.

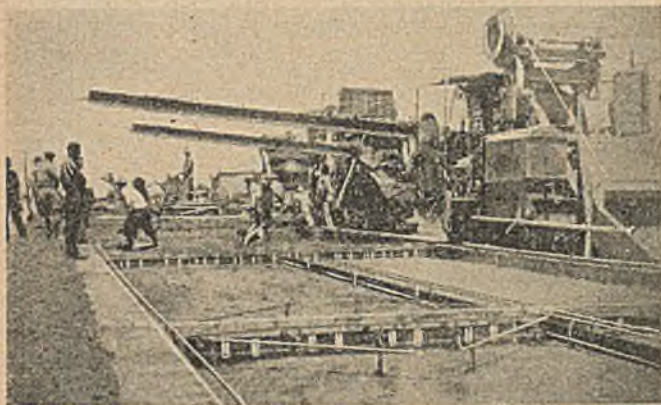
Czas mieszania w nowoczesnych betoniarkach wynosi 1,5 do 2 min t.j. 40 do 30 opróżnień na godzinę. Dla kontroli czasu mieszania, niektóre betoniarki są zaopatrzone w automatyczne czasomierze oraz liczniki zarobów.

Dozowanie składników mineralnych odbywa się przy pomocy wag automatycznych; dozowanie wody bywa objętościowe i powinno działać bardzo dokładnie.

DANE TECHNICZNE PRACY BETONIAREK.

Typ betoniarki firmy Ransome & Rapier	Pojemność		Wydajność na 8 godz. pracy, m ³	Ilość zaro- bów na godz.	Ciężar betoniarki, kg.	Moc sil- nika, H.P.
	przed wymiesz. m ³	po wymiesz. m ³				
z bębniem przechyłanym 3½ T	0,140	0,100	21	26	508	1,50
z bębniem przechyłanym szyb- kobieźna 4 T	0,175	0,115	36	40	1120	3,50
z bębniem przechyłanym Junior 5 T	0,200	0,142	30	27	711	1,75
z bębniem przechyłanym Junior szybkobieźna 5 T	0,200	0,142	45	40	1370	3,75
z bębniem przechyłanym 7 T	0,285	0,200	59	37	1778	5,00
z bębniem nieprzechyłanym 5 R	0,200	0,142	49	44	1422	5,00
.. .. 7 R	0,285	0,200	63	40	1880	6,00
.. .. 10 R	0,400	0,285	88	36	2235	9,00
.. .. 14 R	0,565	0,400	107	34	3302	12,00
.. .. 42 R	1,700	1,200	255	26	11700	25,00
.. .. 60 R	2,260	1,700	366	27	15000	40,00

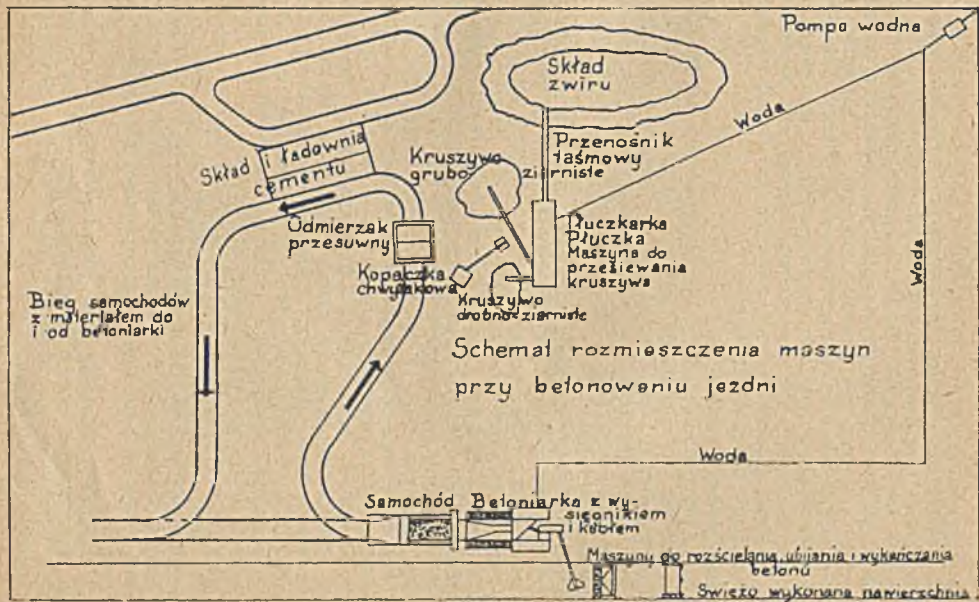
Do budowy nawierzchni betonowych na drogach i bieżniach lotniskowych wprowadzono ostatnio betoniarki na gąsienicach z wysięgnikiem i kubłem do rozścielania betonu. Betoniarka tego typu porusza się równoległe do betonowanego pasa nawierzchni. Wysięgnik ma możliwość ustawiania się prostopadle do jezdni, a kubel otwieralny od dołu może się posuwać po wysięgniku i rozścielać beton. Ładowanie bębna do wymieszania odbywa się przy pomocy ładownika podnośnego, na który wysypuje się suchy materiał, kruszywo i cement z samochodów o skrzyni przechyłanej do tyłu.



Na rysunku przedstawiono mieszarkę typu „Multifoote 34 E” amerykańskiej produkcji.

Pojemność bębna $0,965 \text{ m}^3$, można ją powiększać o 10%. Kubel o pojemności $1,414 \text{ m}^3$ — posuwa się po wysięgniku o długości 10,69 m. Wydajność betoniarki na 8 godzin pracy wynosi około 140 m^3 betonu. Betoniarka zaopatrzona jest w automatyczne urządzenie dozujące wodę ze zbiornika o pojemności 270 litr.

Ze względu na duże objętości materiałów, które przepuszcza betoniarka, należy zorganizować robotę w taki sposób, ażeby zachować całkowitą ciągłość pracy betoniarki; w tym celu należy dokładnie przewidzieć i zaprojektować ustawienie maszyn do ładowania na samochody kruszywa i cementu, oraz przemyśleć drogę kursowania samochodów z materiałem dowożonym do betoniarki.



Szkic rozplanowania sytuacji maszyn i drogi dojazdu samochodu podano na rysunku.

Do dokładnego odmierzenia kruszywa służą mechaniczne odmierzacze. Przy budowie nawierzchni drogowych używa się odmierzaków przesuwnych. Są to zbiorniki dennozsypne, umieszczone na żelaznym rusztowaniu o specjalnym wagowym urządzeniu dozującym podczas wysypywania kruszywa. Najczęściej na rusztowaniu są umieszczone dwa zbiorniki bliźniacze obok siebie dla oddzielnego dozowania kruszywa grubszego i drobnego, lub kruszywa i cementu. Rusztowanie jest tak urządzone, że pozwala na ustawienie się samochodu, wywrotek lub innych środków przewozowych pod odmierzakami.

Maszyny do rozścielania betonu.

Dla dokładnego rozłożenia betonu w przyszłej nawierzchni służą t.zw. maszyny do rozścielania betonu. Maszyn tych jest kilka typów, najbardziej rozpowszechnione są: wózki rozdzielcze z kublami, wózki rozdzielcze typu śrubowego, typu łopatkowego, pozatem stosowane bywają również samochody z przystawką tylną do rozścielania betonu.

Wózek rozdzielczy z kubłem składa się z pomostu ustawionego w poprzek drogi. Pomost porusza się na 4-ch kółkach po szynach lub po formach. Wzdłuż pomostu przesuwa się kubel o pojemności odpowiadającej pojemności bębna betoniarki. Kubel jest zaopatrzony w ruchome dno z zamknięciem segmentowym i może być podnoszony lub obniżany w zależności od grubości rozścielanej warstwy betonu. Przesuwanie wózka i kubła odbywa się zapomocą silnika ropowego 10 — 12 K.M., zmontowanego na wózku. Szybkość poruszania się kubła wynosi około 20 m./min. Szerokość pasa rozścielanego betonu w poprzek drogi — 1 do 1,5 m. Szybkość jazdy pomostu 35 do 78 m./min. Wózek rozdzielczy typu śrubowego posiada skrzynię wążką, przechodzącą przez całą szerokość betonowanego pasa. Wózek ze skrzynią porusza się na 4-ch kołach po szynach lub formach podłużnie. Beton wrzucony do skrzyni zostaje równomiernie rozprowadzony przy pomocy wału śrubowego i wysunięty na jezdnię przez szczelinę w dnie skrzyni.

Typ łopatkowy posiada również wózek poruszający się podłużnie wzdłuż betonowanego pasa. W poprzek, na szerokość pasa, przechodzi wał, na którym osadzone są łopatki. Beton, wyrzucony na jezdnię, i rozgarnięty zgrubsza ręcznie, zostaje dokładnie rozprowadzony i rozdzielony przy pomocy obracających się łopatek.

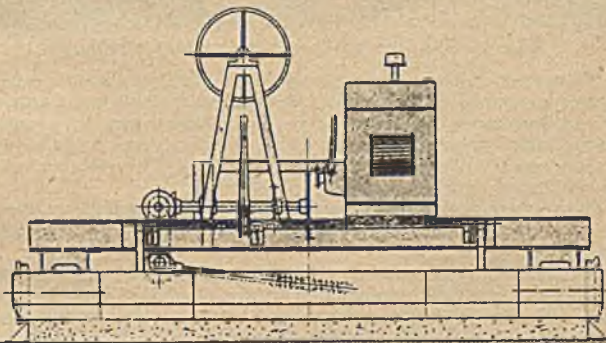
Do rozścielania betonu na jezdnię stosuje się też z dobrym skutkiem samochody o skrzyni przechyłanej do tyłu, zaopatrzone zamiast tylnej klapy w przystawkę, umożliwiającą równomierne wysypywanie betonu na jezdni.

Maszyny do komprimowania betonu.

Do komprimowania betonu używa się maszyn opartych bądź na zasadzie ubijania, bądź też wibrowania. Do nawierzchni zamiej-skich, zwłaszcza na długich odcinkach, stosuje się ciężkie wykań-czarki ubijające, posuwające się na szynach. Wykańczarki te, umieszczone w poprzek drogi, mają długość równą szerokości nawierzchni.

Wykańczarki ubijające — pracują w sposób następujący: Świeżo rozsypany i rozgarnięty beton zostaje wyrównany równaczem zbudowanym w kształcie listwy o profilu odpowiadającym profilowi nawierzchni. Równacz wykonuje 220 poziomych ruchów na minutę w poprzek drogi. W ten sposób nadmiar betonu zostaje zgarnięty i zapelnia ewentualne zagłębienia w dalszej partii nawierzchni. Dalszym etapem jest ubijanie betonu przy pomocy młotów mechanicznych o wadze 50 kg. każdy, które spadając w jednym rzędzie, z jednakowej wysokości na przemian co drugi młot — za każdym uderzeniem ubijają beton w sposób jednolity. Następnie cała nawierzchnia jest ubijana belką profilową o częstotli-wości 150 uderzeń na minutę. W końcu nawierzchnia zostaje wyrównana belką wibracyjną o 600 drganiach na minutę. Napęd maszyny i przesuw następują przy pomocy silnika ropowego 10 do 12 K.M.

Wykańczarki o wysokiej częstotliwości — pracują jak następuje: Świeży beton zostaje sprofilowany przy pomocy równacza o 70 drganiach na minutę. Następnie komprimowanie odbywa się przy pomocy belki wibracyjnej o skoku 2 — 4 m/m. i częstotliwości 3.600 na minutę.



Wykańczarka i ubijaczka wibratorowa o napędzie spalinowym.

Ostatni etap stanowi wyrównanie powierzchni przy pomocy równacza podobnego do pierwszego. Napęd i sprzesuw maszyny wykonuje silnik ropowy lub benzynowy o sile 12 K.M. Ubijaczka wibratorowa daje bardzo dobre wyniki komprymowania nawierzchni betonowych.



Wibrator listwowy spalinowy przesuwany ręcznie.

Na małych odcinkach oraz na ulicach miejskich stosuje się d komprymowania dolnej warstwy betonu wibratory płytowe. Górną warstwę ubija się przy pomocy wibratorów listwowych. Napęd wibratorów bywa elektryczny, pneumatyczny i spalinowy. Napęd pneumatyczny jest najprostszy, lecz wywołuje stratę powietrza wskutek nieuszczelności przewodów.

Płytowe wibratory bywają prostokątne o wymiarach 20 × 20 cm. do 60 × 60 cm. lub okrągłe o średnicy 40 — 60 cm. Przesuwanie ich odbywa się ręcznie.

W czasie wojny zastosowano ubijaczki wibratorowe uproszczone, składające się z belki drewnianej 6" szerokiej i 3" grubej. Na obu końcach belki są umocowane ręczki do przytrzymywania i prowadzenia ubijaka. Na belce są umieszczone jeden, dwa lub trzy motorki elektryczne wibratorowe. Zwykle, o ile belka ma długość do 2-eh mtr. — to ustawia się jeden motorek pośrodku,



Wibrator listwowy z elektrycznym napędem. Szerokość 2 — 3 m.

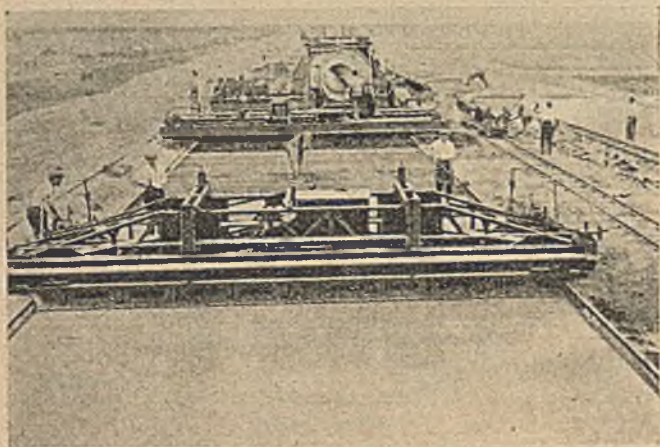


Ubijak ręczny



dla długości od 2m. do 6 m. — dwa motorki i powyżej 6 mtr. — trzy motorki. Motorki są zasilane prądem elektrycznym i posiadają moc 250 Wattów. Prąd włączany jest przez kontakty na rączkach wibratora. Częstotliwość wibrowania 3.000 na min.

Wibratory listwowe mają długość odpowiadającą całej szerokości nawierzchni lub połowie. Przesuwanie ich odbywa się po formach, stanowiących boczne ograniczenie płyty nawierzchni. Wobec niewielkiej ich wagi, dochodzącej co najwyżej do 400 kg., formy nie muszą być tak wytrzymałe jak przy wykańczarkach ciężkiego typu. Ogólnie częstotliwość drgań wynosi od 3.000 do 3.600 na minutę. Przesuwanie wibratorów odbywa się ręcznie przy zastosowaniu naciągu kablowego poruszanego ręczną windą albo samoczynnie. W tym ostatnim wypadku wibratory są tak ustawione, że oddają impuls nie pionowo, lecz pod pewnym kątem do pionu, co wywołuje ruch posuwisty.



Zestaw maszyn przy wykonaniu drogi betonowej w Niemczech.

Dzięki wielkiej różnorodności i wydajności wibratorów, użycie betonów wibrowanych znalazło wielkie zastosowanie przy budowie nawierzchni betonowych tak na drogach jak i na lotniskach.

W końcu należy nadmienić, że do ubijania nawierzchni betonowej przy budowie bieżni, dróg kołowania i placów na lotniskach w Anglii używano z dobrym wynikiem ubijaczek ręcznych, konstrukcję których podano na rysunku.

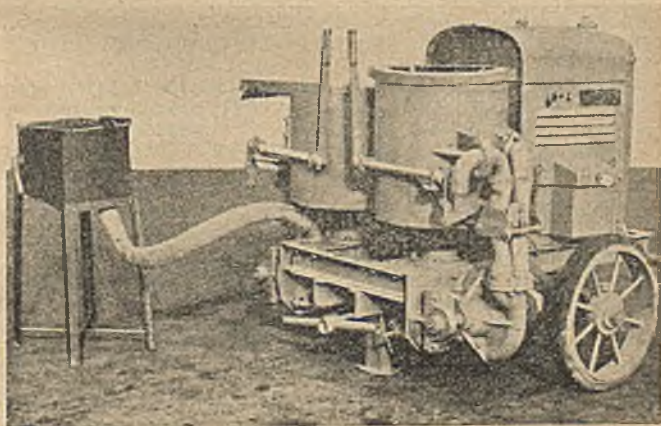
Maszyny do zalewania spoin dylatacyjnych.

Do zalewania spoin dylatacyjnych powszechnie używa się prymitywnych narzędzi jak kociołka do podgrzewania bitumu, dzbanków z dziobami i grac. Na wielkich robotach, celem przyspieszenia postępu roboty, stosuje się wózkowe zalewacze spoin z gracami.

MASZYNY DO WYKONYWANIA NAWIERCZJNI TYPU KOLKRET.

Nawierzchnię kolkret wykonuje się przez zalanie zaprawą cementową kruszywa rozścielonego w warstwie o żądanej grubości na sucho. Jest to rodzaj nawierzchni betonowej, w której nie wszystkie składniki przechodzą mieszanie w betoniarce. Wymiary kruszywa nie mają dużego znaczenia przy kolkrecie i kruszywo może być znacznie grubsze, a dobór uziarnienia może być różnorodny. Warstwa zaprawy cementowej od góry nad kruszywem powinna być najmniej 1 cm.

Do wykonania tego typu nawierzchni używa się maszyn. Rozścielenie kruszywa wykonuje się ręcznie lub przy pomocy równiaków (graderów). Kruszywo układa się w formach ograniczających, drewnianych lub żelaznych, takich samych jak przy nawierzchniach betonowych.



Mieszarka zaprawy cementowej do nawierzchni kolkret Mark III.

Do mieszania zaprawy używa się specjalnej mieszarki. Mieszarka posiada dwa zbiorniki cylindryczne, ustawione pionowo, w których obracają się dokoła osi pionowej mieszadła. W jednym z cylindrów odbywa się mieszanie cementu z wodą. Proces mieszania trwa około 20 sek. i następnie mieszanina ta, stanowiąca koloidalne mleko cementowe, przechodzi do drugiego cylindra, gdzie łączy się z piaskiem i zostaje dokładnie wymieszana w przeciągu drugich 20 sekund.

Następnie zaprawa cementowa zostaje przepompowana do zbiornika walcowego w przeciągu około 5 sekund. Zbiornik posiada otwór, do którego dołącza się wąż gumowy o średnicy 63,5 mm. i długości 7,5 mtr. do rozprowadzenia zaprawy.

Zaprawa wpompowywana jest do zbiornika pod ciśnieniem około jednej atmosfery i pod takim samym ciśnieniem jest rozlewana na rozścielone kruszywo. Długość węża doprowadzającego zaprawę od mieszarki do zbiornika może wynosić najwyżej 30 m. W pierwszym cylindrze, gdzie odbywa się mieszanie cementu z wodą, obraca się tarcza pionowa, która przechodzi pomiędzy dwiema płytami w odstępnie 3 mm. Przez tę szczelinę przechodzi woda z cementem i następuje bardzo dokładne wymieszanie, tworząc koloidalne mleko cementowe. W drugim zbiorniku obraca się około osi pionowej mieszadło gwiaździste, przy pomocy którego mleko cementowe z piaskiem zostaje bardzo dokładnie wymieszane, poczem zaprawa przechodzi do pompy obrotowej celem przepompowania jako gotowy materiał do zalania kruszywa. Do napędu mieszarki M. III. służy motor benzynowy „Bedford” 10 H.P.

Wydajność mieszarki Mark III. w przeciągu godziny przy 60 zarobach wynosi 3,25 m³ zaprawy 1 : 1½, zużycie cementu na jeden zarob wynosi 50 kg. Przyjmując, że zaprawa wypełnia 40% miejsc próżnych w kruszywie, otrzymujemy ilość gotowego betonu koloidalnego w ciągu godziny około 10,5 m³.

MASZYNY DO NAWIERZCHNI STABILIZOWANYCH.

Gruntowe nawierzchnie stabilizowane są wykonywane przy pomocy maszyn, które mają zastosowanie w rolnictwie. Normalnie do wykonania nawierzchni gruntowo-cementowych używa się następującego zestawu maszyn :

- 1 — oskardnik — może być w połączeniu z równiakiem.
- 2 — brony talerzowe o szerokości około 2,75 m. i o średnicy talerzy 60 cm. Są one konieczne do rozdrobnienia gruntów i do wymieszania.
- 6 — samochodów ciężarowych.
- 3 — ciągniki gąsienicowe 35 — 40 H.P. Jeden z ciągników powinien być wyposażony w gładkie gąsienice.

- 1 — ciągnik ogumiony o mocy 35 H.P.
- 1 — ciągnik ogumiony o gładkich oponach i mocy 15 H.P.
- 1 — ciężki kultywator sprężynowy lub zębowy z urządzeniem do kontrolowania głębokości zanurzenia zębów.
- 1 — mieszarka obrotowa (rotary tiller) o szerokości 1,8 m. Mieszarki obrotowe są to maszyny, pozwalające na bardzo szybkie i dokładne wymieszanie gruntu z cementem. Posiadają one obracający się wał, na którym umieszczone są zakrzywione zęby. Mogą one być ciągnięte przez traktor lub posiadać własny napęd. Kłapa, która przykrywa część obrotową, tłumi kurzenie się cementu i jednocześnie wyrównuje wymieszany grunt.
- 1 — ciężki pług 3 lub 4 lemieszowy o szerokości skib 35,5 cm. do 45,5 cm. z urządzeniem do podnoszenia lemieszów i kontrolowania głębokości.
- 3 — beczkowóz o pojemności 4,5 m³, rozpryskujący wodę pod ciśnieniem, przy czym minimalna wydajność nie powinna być mniejsza od 450 ltr./min.
- 1 — równiak motorowy z lemieszem o szerokości 3,65 cm.
- 2 — podwójne walce okolkowane. Nacisk na grunt winien wynosić: dla gruntu piaszczystego 3,5 do 7,0 kg./cm², powierzchnia jednej stopki 65 — 80 cm², dla gliny piaszczystej i lekkiej gliny ilastej 7 — 14 kg./cm² o powierzchni stopki 45 cm² i dla gruntów bardziej plastycznych lub zawierających grube kruszywo wymagany nacisk 14 — 28 kg./cm² i powierzchnia stopki 32 — 39 cm².
- 1 — walec gładki dwukołowy o własnym napędzie, o ciężarze dla gruntu piaszczystego 3 — 5 ton, dla gliny piaszczystej lub lekkiej gliny ilastej 5 — 8 ton i dla gruntów bardziej plastycznych i zawierających grube kruszywo 8 — 12 ton.
- 1 — wielokołowy walec ogumiony.
- 1 — brona zębata.
- 1 — włóka (broom drag) i
- 1 — włóka zębata (nail drag).

Wyszczególniony powyżej-zestaw maszyn przy dobrej obsadzie i organizacji robót pozwala na wykonanie 300 — 600 m.b. nawierzchni gruntowo-cementowej o szerokości 6 m.

Na wielkich budowach, gdzie warunki kalkulacji na to pozwalają, do mieszania gruntu-cementu używa się wielkich maszyn o różnych konstrukcjach. Są to mieszarki ruchome, które zbierają materiał z przyzm, mieszają go z wodą i cementem, a po przerobieniu mogą go rozścielić mechanicznie.

Do wykonania nawierzchni stabilizowanych bitumem używa się zestawu maszyn do rozdrabniania i mieszania takiego samego jak i przy nawierzchni gruntowo-cementowej. Beczkowóz samochodowy

jest wtedy dostosowany do rozpryskiwania bitumu lub emulsji. Praktyczniej jednak jest stosować specjalne mieszarki ruchome z podgrzewaczami i suszarkami, które zbierają grunt z przyzmu lub zasp, suszą go, rozdrabniają, poczem, po dodaniu bitumu, masa bitumiczno-ziemna zostaje dokładnie wymieszana i rozścielona na nawierzchni.

Zestaw maszyn do mieszanek ziemno-bitumicznych, używany w Ameryce, składa się z czterech jednostek przewoźnych o napędzie benzynowym, a mianowicie :

mieszarki, suszarki agregatu ziemnego, rozścielacza i podnośnika kubłowego.

Wydajność zestawu wynosi 25-ton masy na godzinę.

MASZYNY DO UTRZYMANIA DRÓG.

Dla dobrego utrzymania nawierzchni drogowych, muszą one być dokładnie oczyszczane. Czyszczenie ręczne jest powolne i wymaga dużej ilości robotników. Dlatego też używa się zamiataczki mechanicznej, która jest bardzo wydajna i ekonomiczna w pracy. Najbardziej rozpowszechnione typy zamiataczek mechanicznych są zaopatrzone w rotacyjne szczotki, obracające się dokoła osi poziomej.

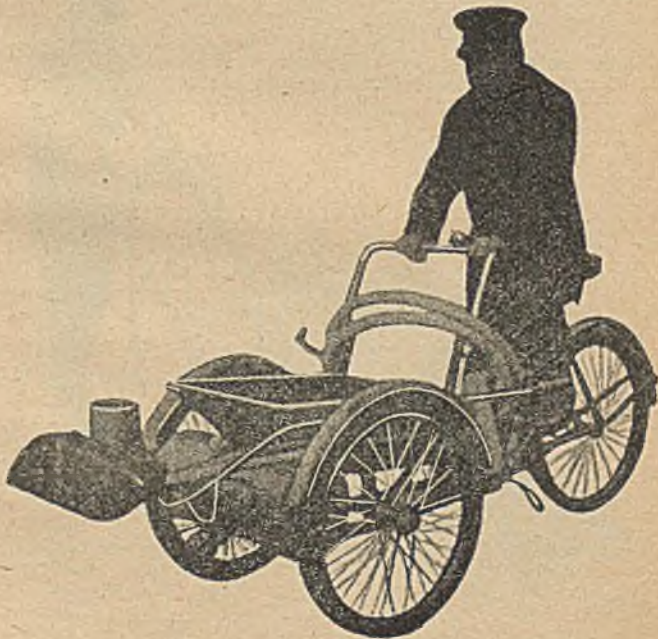


Ciągnikowa szczotka rotacyjna.

Gdy zachodzi potrzeba zwilżenia nawierzchni przed czyszczeniem, używa się samochodów-polewaczek, które mają zmontowane szczotki pod podwoziem. Ostatnio wprowadzono w użycie szczotki rotacyjne, które posiadają swój zbiornik z wodą.

Do konserwacji nawierzchni bitumicznych używa się małych kociołków, służących do podgrzewania i rozpryskiwania lepiszcz bitumicznych. W wypadku zastosowania emulsji, zamiast wymienionego kociołka, na podwoziu może być umieszczona wprost beczka z emulsją. Podwozia takie spoczywają na kołach podobnych do rowerowych na pneumatykach.

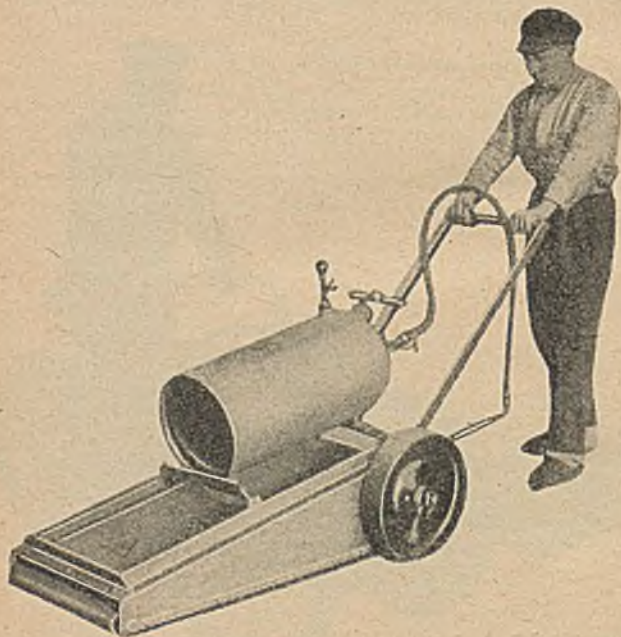
Specjalny dział stanowią urządzenia do utrzymania i naprawy nawierzchni, używane przez dróżników. Stanowią one przyczepki do rowerów, lub rower trójkołowy z odpowiednim wyposażeniem. Przyczepka rowerowa posiada wagę około 80 kg. Rower trójkołowy z wyposażeniem posiada wagę 130 kg. Wyposażenie



Trójkołowiec do napraw bieżących.

stanowi zbiornik na lepiszcze rozpryskiwane sprężonym powietrzem o pojemności około 30 ltr., skrzynka na grys o pojemności 50 ltr., kompresor ręczny, manometr, szuffa, szczotka i ubijaczka.

Przyrząd do rozpryskiwania lepiszcza umożliwia rozlanie emulsji i natychmiastowe zagrysikowanie łąt. Łatwa przewożność urządzenia jest bardzo pożytecznym wyposażeniem dróżnika, który może za pomocą niego wykonywać naprawy natychmiast po stwierdzeniu uszkodzenia nawierzchni.

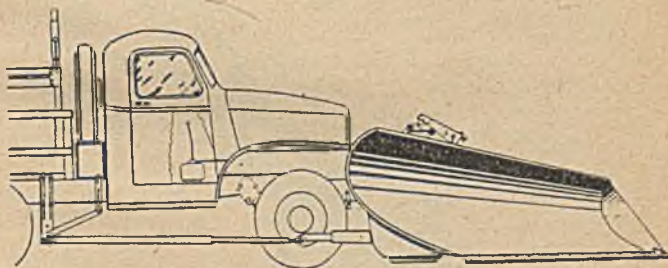


Podgrzewacz do osuszania jezdni.

W czasie wilgoci, gdy wykonanie napraw jezdni bitumicznych wymaga osuszenia, stosuje się specjalne podgrzewacze naftowe lub ropowe do osuszenia łąt. Podgrzewaczy tych jest kilka typów i wymiarów, od przesuwanych ręcznie do dużych podgrzewaczy przewożonych jako przyczepki samochodowe. Do ubijania łąt używa się ubijaków żeliwnych, o prostokątnych stopkach i wadze 15 — 25 kg.

MASZYNY DO USUWANIA ŚNIEGU.

Do usuwania śniegu z dróg zarządy drogowe mogą używać równiaków, które z powodzeniem odsuwają śnieg na pobocza drogi. Często też do zwykłych samochodów ciężarowych 1½ lub 2½ ton. są przystosowane specjalne lemiesz o szerokości 2,4 m., które mogą usuwać śnieg o warstwie do 60 cm. Całe urządzenie jest przymocowane za pośrednictwem ramy przedniej i posiada połączenia przegubowe zezwalające na ustawienie lemieszka pod dowolnym kątem. Ustawienie to regulowane jest przy pomocy zespołu hydraulicznego, uruchamianego przez szofera.

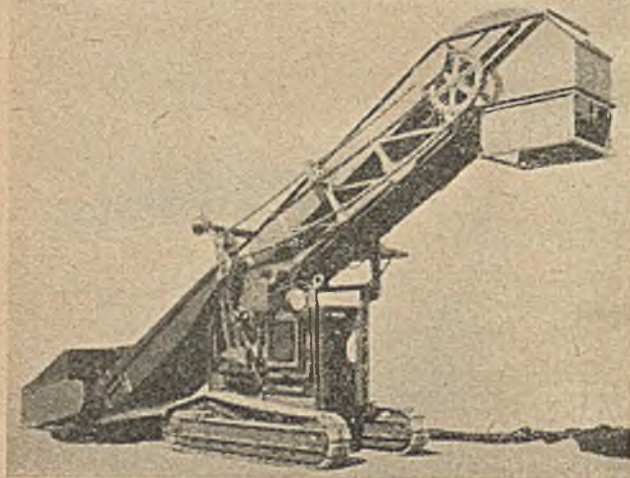
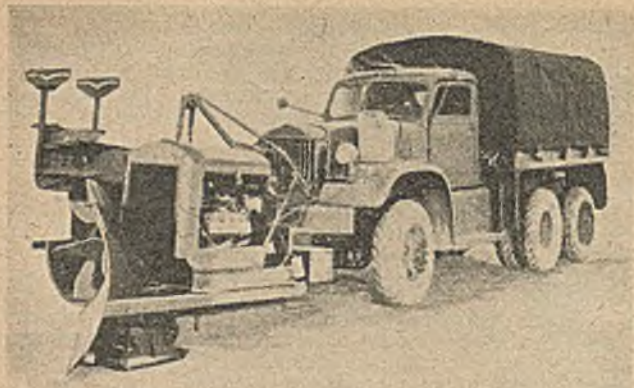


Szkic umocowania lemieszka do samochodu.

Inne typy urządzenia bardzo praktyczne, ze względu na daleką odległość, na jaką zostaje odrzucony śnieg, stanowią pługi rotacyjne.

Pług taki stanowi przystawkę pchaną przed samochodem ciężarowym 6 t. Przystawka składa się z silnika, osadzonego na podwoziu saneczkowym, lemieszka i śruby rotacyjnej.

Pług ten może oczyścić śnieg na szerokości 2,4 m. i głębokości do 60 cm. ; pracuje on dobrze w śniegu świeżym i suchym. Odległość odrzucania śniegu na bok wynosi 15 — 25 mtr. Do napędu śruby łączy motor benzynowy o mocy 70 H.P.



Plug rotacyjny, Model SM-37, Motor Ford 91-A.

Ładownik do śniegu Barber-Greene, Model 38-D.

Do ładowania śniegu z kup lub zasp do samochodów służą ładowniki śnieżne, zaopatrzone w podnośniki pasowe firmy Barber-Greene, Aurora, Illinois, U.S.A. Model 38-D posiada urządzenie pozwalające na zbieranie śniegu bezpośrednio z jezdni na szerokość 2,4 m. Całe urządzenie spoczywa na ciągniku o podwoziu gąsienicowym, o napędzie benzynowym i mocy 38 H.P. Urządzenie posiada wysięgnik, na którym przesuwają się pasy, podnoszące śnieg. Śnieg zgarniany bywa za pomocą koła łopatkowego, poczem, przy pomocy podnośnika pasowego, podniesiony do góry celem wyładowania przez specjalną skrzynię bez dna do podstawionego samochodu. Napęd podnośnika pasowego skutecznia się przy pomocy motoru ciągnika przez włączenie specjalnego sprzęgła.

Manipulowanie całą maszyną odbywa się z siedzenia operatora. Długość wysięgnika wynosi 8,45 m., szerokość pasa 71 cm. Firma może zaopatrzyć ładownik w dwa wysięgniki wymienne, z których jeden bywa dostosowany do podnoszenia i ładowania śniegu, drugi zaś dostosowany do ładowania żwiru lub urobku ziemnego.



Spis Rzeczy.

	Str.
DZIAŁ I.	
Wzory matematyczne i tablice	8
Tablice miar, temperatur, ciężarów gatunk. i inne tablice techniczne	22
DZIAŁ II.	
Planowanie sieci drogowej	34
Warunki projektowania dróg specjalnych	36
Projektowanie dróg zwykłych	42
Planowanie ulic miejskich	71
Obliczenie światła przepustów i mostów	81
DZIAŁ III.	
Obowiązujące normy obciążenia wozów	92
Znaki drogowe	97
Regulowanie ruchu	107
Znakowanie dróg podczas robót drogowych	108
DZIAŁ IV.	
Kamienie naturalne	116
Cement	121
Kruszywo do betonu	125
Woda	130
Beton	130
Asfalty	143
Emulsje asfaltowe	156
Smola drogowa	161
Wyroby z kamienia	171
Klinkier drogowy	175
Płyty kamienno — betonowe	178
DZIAŁ V.	
Budowa podłoża	185
Przełomy wiosenne i odwodnienie	187
Sposoby zwalczania przełomów na istniejących drogach	189
Nawierzchnie żwirowe	193

	Str.
Nawierzchnie szosowe	197
Nawierzchnie brukowane na podłożu ziemnym	201
Nawierzchnie smołowe	206
Nawierzchnie asfaltowe	214
Grysy bitumowane	226
Beton asfaltowy	237
Asfalt piaskowy	246
Asfalt lany	250
Asfalt lany żwirowy	255
Mastyks makadam	258
Nawierzchnie betonowe	261
Wytyczne dla budowy dróg betonowych	276
Nawierzchnia z płyt kamienno — betonowych	293
Nawierzchnia tłuczniowo — cementowa	303
Nawierzchnia z kostki kamiennej	309
Nawierzchnia z klinkieru	315

DZIAŁ VI.

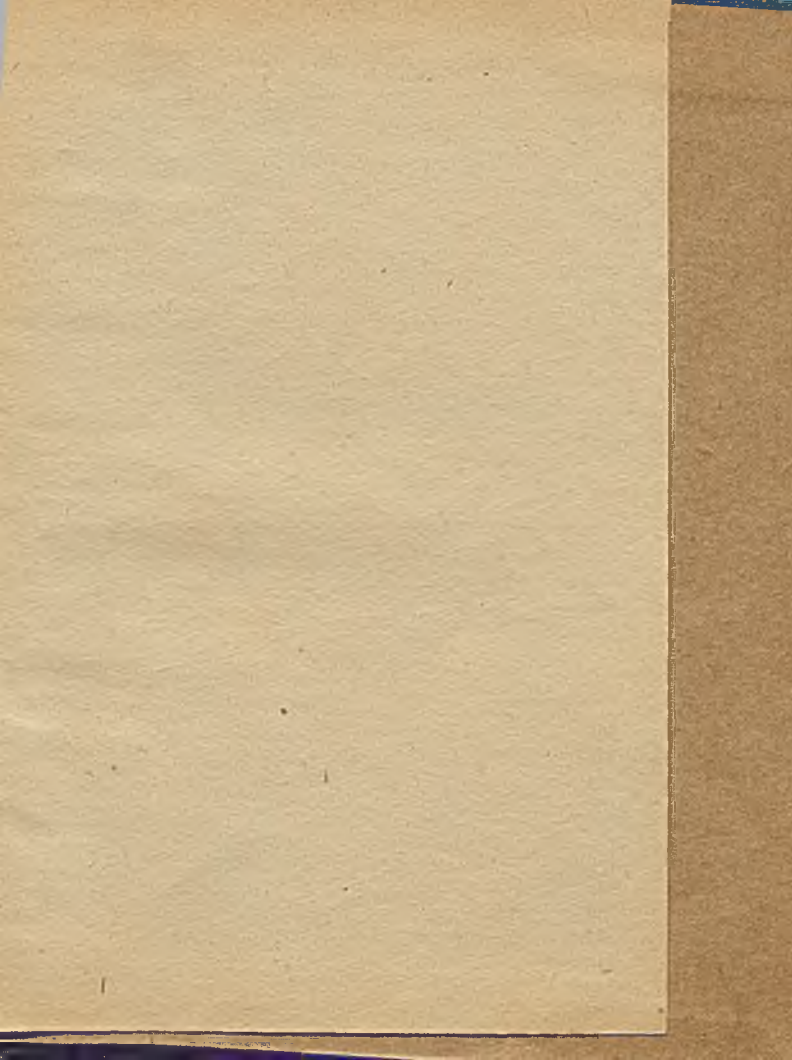
BADANIA I STABILIZACJA GRUNTÓW.

Problem gruntów w budowie dróg	322
Fizyczne i mechaniczne własności gruntów	323
Badanie gruntów	327
Stabilizacja gruntów	337

DZIAŁ VII.

MASZYNY DROGOWE.

Maszyny drogowe	346
Maszyny do robót ziemnych	346
Kopaczki	365
Maszyny do wyrobu kruszywa	379
Walce	382
Maszyny do nawierzchni bitumicznych	387
Maszyny do nawierzchni betonowych	395
Maszyny do nawierzchni żwirowo — klinkierowych	405
Maszyny do nawierzchni stabilizowanych	407
Maszyny do utrzymania dróg	408
Maszyny do usuwania śniegu	411



BG Politechniki Śląskiej

nr inw.: 102 - 136591



Dyr.1 136591