ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: ARCHITEKTURA z. 26 Nr kol. 1264

Elżbieta NIEZABITOWSKA

WYMAGANIA TECHNICZNE POMIESZCZEŃ TYPU "CLEAN ROOM"

Streszczenie. Nowoczesne technologie zwłaszcza z zakresu mikroelektroniki wymagają specjalnie przygotowanych warunków środowiskowych. Podobne warunki są wymagane w niektórych laboratoriach chemicznych i medycznych. Zapewnienie ich wymaga zastosowania tak zwanych pomieszczeń typu "clean room", których projektowanie różni się zasadniczo od projektowania standardowych pomieszczeń pracy.

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR ROOMS OF "CLEAN ROOM" TYPE

Summary. Modern technologies, especially those from the field of mircoelectronics, require specially prepared environmental conditions. Similar conditions are required in some chemical and medical laboratories. Ensuring such conditions requires the use of rooms of "clean room" type, the designing of which differs fundamentally from that of standard work rooms.

Rozwój przemysłów "high-technology", pracujących w oparciu o techniki komputerowe, generuje powstawanie nowych rodzajów stanowisk pracy, często wymagających stosowania specjalnie projektowanych pomieszczeń. Należą do nich pomieszczenia typu "clean room" (czyste pomieszczenie). Są one stosowane w laboratoriach badawczych, chemicznych i medycznych oraz przy produkcji podstawowej części składowej komputera najnowszej generacji, tak zwanych "chipów", czyli wszędzie tam, gdzie wymagane są szczególne warunki czystości powietrza w miejscu pracy.

Termin "clean room" oznacza, że w pomieszczeniu wymagana jest specjalna czystość powietrza określana dopuszczalną ilością zanieczyszczeń półmikronowych części stałych lub bakterii czy też wirusów w powietrzu. W krajach anglosaskich tę dopuszczalną ilość zanieczyszczeń określa się na stopę sześcienną powietrza, to jest 0.283 m^3. Generalnie rozróżnia się klasy czystości 10, 100 i 1000.

Klasa czystości powietrza 10 jest szczytem czystości i osiągana jest jedynie na niewielkiej powierzchni rzutu w specjalnie wydzielonych częściach, czyli digestoriach z rękawami. Dopuszczalne zanieczyszczenie powietrza może wynosić jedną półmikronową albo mniejszą część stałą na każdą stopę sześcienną powietrza.

Klasa czystości 100 oznacza dopuszczalne zanieczyszczenie powietrza w postaci kilku pojedynczych półmikronowych zanieczyszczeń na stopę sześcienną powietrza. Przestrzenie o tej jakości są również ograniczone do pojedynczych części samodzielnego wyposażenia warsztatu, to jest do digestoriów z rękawami.

Klasa czystości 1000 również oznacza czystość niemal nieskazitelną odpowiadającą wymaganiom sal operacyjnych w szpitalach chirurgicznych.

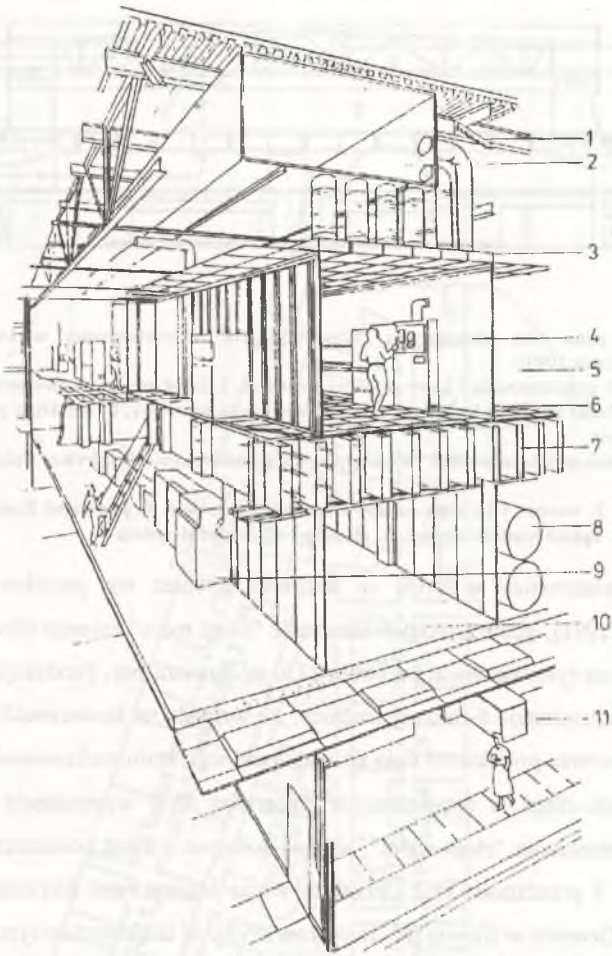
Projektowanie więc tego typu pomieszczeń stwarza wiele problemów technicznych tak w zakresie urządzeń i instalacji wentylacyjnych, jak i czysto architektoniczno-materiałowych.

Generalnie pomieszczenia takie wymagają stworzenia trzech odrębnych poziomów obsługi w obiekcie, w którym tego typu pomieszczenia znajdują się. Dolny poziom zajmuje aparatura klimatyzacyjna oczyszczająca powietrze wtłaczane do pomieszczenia. Środkowy poziom jest poziomem podstawowym o określonych wymaganiach co do czystości powietrza z wydzielonymi strefami "clean room" o ściśle określonych parametrach czystości. W górnym poziomie znajdują się urządzenia tłoczące bardzo szybko, czyste, nie zanieczyszczone powietrze do strefy "clean room" i usuwające równocześnie zanieczyszczone z wnętrza.

Zasadą nr 1 jest ograniczenie powierzchni, na której wymagane jest osiągnięcie wysokiego poziomu czystości powietrza. W tym celu rozbudowuje się pomieszczenia sąsiednie, z których można dokonywać obsługi pomieszczenia głównego. Ogranicza się również ilość ludzi przebywających w pomieszczeniu, a wejście odbywa się przez system specjalnych śluz uniemożliwiających przypadkowe wprowadzenie zanieczyszczeń.

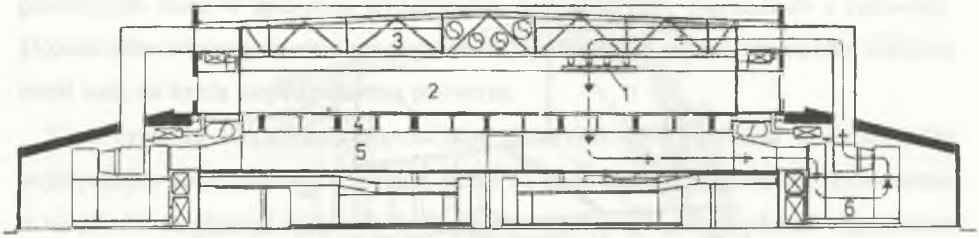
Rysunek nr 1 przedstawia schemat przekroju fabryki "chipów" projektu R.I. Andersona [M. Harriman 1991] z firmy Architects and Engineers specjalizującej się w tego typu projektach w USA. Sufit i podłoga głównego pomieszczenia pracy są perforowane w celu umożliwienia przepływu powietrza z góry w dół. Pomieszczenia znajdujące się obok, na tym samym poziomie, służą do obsługi urządzeń od zewnątrz, bez konieczności wchodzenia do strefy czystej.

Urządzenia obsługujące pomieszczenie "clean room" zajmują dużą kubaturę, co można zaobserwować na rysunku nr 2 przedstawiającym przekrój przez halę laboratoryjną "Western



Rys. 1. Schemat przekroju fabryki "chipów" projektu R.I. Andersona [M. Harriman 1991]:
1. więzar kratowy dachowy, 2. kanał nawiewny, 3. filtry, 4. pokój czystości 1 klasy, 5. korytarz klasy czystości 10 000, 6. podłoga perforowana, 7. belki stropowe betonowe, 8. kanał zużytego powietrza, 9. poziom wyposażenia w urządzenia mechaniczne, 10. kanał nawiewno-powrotny, 11. kondygnacja usługowa

Fig. 1. Cross-section diagram of the "chips" factory designed by R.I. Anderson (H. Harriman 1991):
1. roof grid beam, 2. ventilator duct, 3. filters, 4. room of 1st class purity, 5. corridor of purity class 10 000, 6. perforated floor, 7. concrete floor beams, 8. used air duct, 9. standard of provided mechanical equipment, 10. ventilating and return duct, 11. service floor

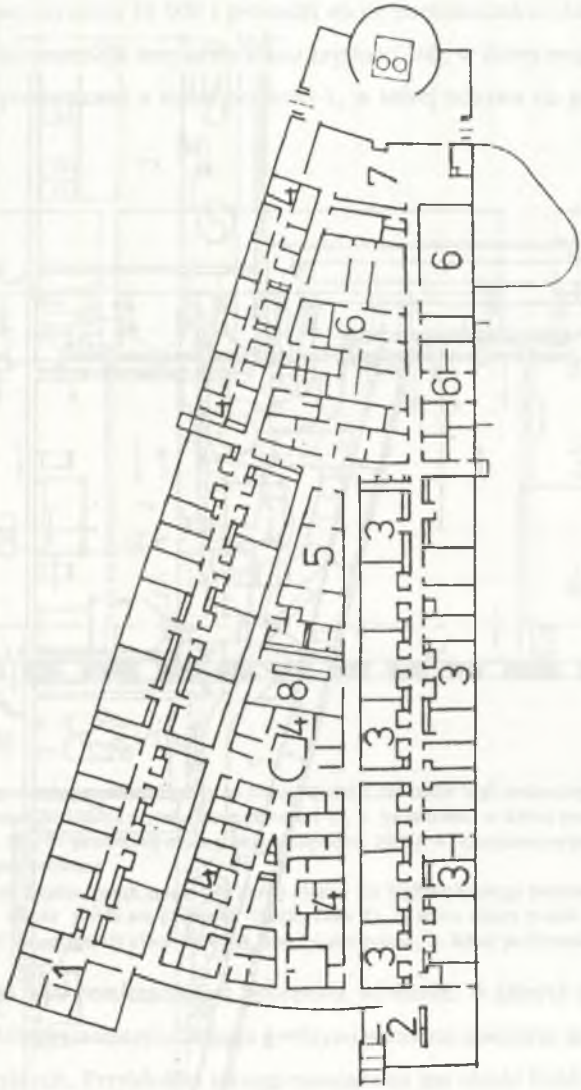


Rys. 2. Przekrój przez halę laboratoryjną "Western Digital Microelectronics" w Irwine w Kalifornii [M. Harriman 1991]:
1. filtry, 2. pomieszczenia 1 klasy czystości powietrza, 3. kanał nawiewny powietrza, 4. podłoga perforowana i belki stropowe betonowe, 5. kanał wywiewny powrotny, 6. recykling powietrza w układzie zamkniętym

Fig. 2. Cross-section of laboratory hall "Western Digital Microelectronics" in Irvine, California (M. Harriman 1991):
1. filters, 2. rooms of 1st class purity, 3. air ventilation duct, 4. perforated floor and concrete floor beams, 5. uptake ventilation duct, 6. air recycling in closed system

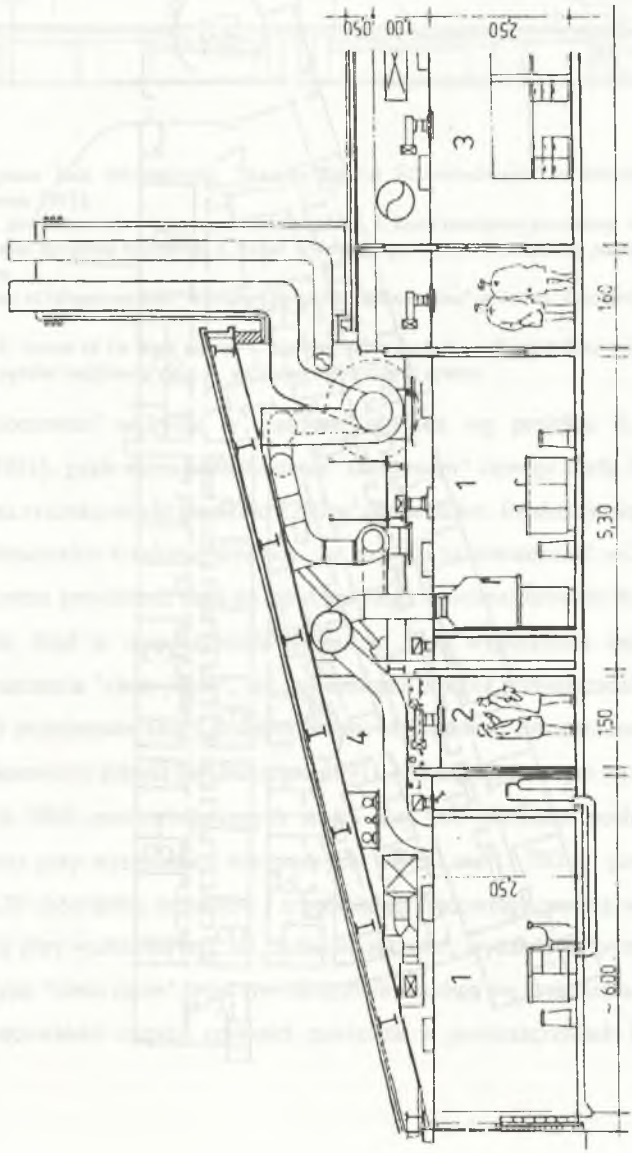
Digital Microelectronics" w Irvine w Kaliforni: również wg projektu R.I. Andersona [M. Harriman 1991], gdzie samo pomieszczenie "clean room" zajmuje około 1/4 przekroju. Przedstawiony na rysunku obiekt ma około 2230 m^2 powierzchni. Produkuje się w nim płytki komputerowe ultracienkie 6-calowej średnicy. Ze względu na konieczność unikania oporów przepływu powietrza projektanci dążą do maksymalnego zminimalizowania ilości sprzętu w pomieszczeniach. Stąd w rozwiązaniach Andersona 95% wyposażenia znajduje się na zewnątrz pomieszczenia "clean room", ale jest dostępne z tegoż pomieszczenia.

Rysunek nr 3 przedstawia rzut i przekrój Waste Management Environment Monitoring Laboratory w Genewie w Illinois [M. Harriman 1991]. W laboratorium tym testuje się próbki wód gruntowych 5000 monitoringowanych studni przy 200 zakładach posługujących się chemikaliami oraz przy wysypiskach komunalnych. Obiekt ma 15 780 m^2 powierzchni, na której pracuje 120 chemików, techników i urzędników. Pracownicy pracują w 40 laboratoriach. Obiekt ma plan wachlarza (rys.3a). Jedno ze skrzydeł, wydzielone, przeznaczone jest na laboratoria typu "clean room". Nad tym skrzydłem znajdują się urządzenia wentylacyjne zapewniające odpowiedni stopień czystości powietrza w pomieszczeniach i digestoriach (rys.3b).



Rys. 3a. Budynek Laboratorium Monitoringu Środowiskowego Zarządzania Odpadami w Genewie Illinois (M. Harriman 1991):
a) rzut; 1. administracja, 2. hall, 3. laboratoria, 4. biura, 5. komputer, 6. pomieszczenia odbioru próbek, 7. urządzenia mechaniczne wentylacji, 8. pomieszczenia wypoczynku dla personelu

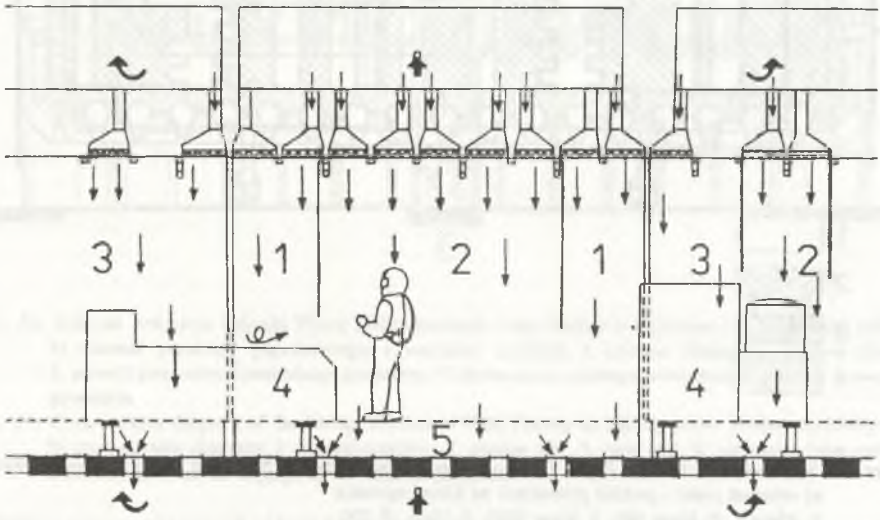
Fig. 3a. Building Environmental Waste Management Monitoring Laboratory in Geneva, Illinois (M. Harriman 1991):
a) View; 1. Administration 2. Hall 3. Laboratories 4. Offices 5. Computer 6. Sample acceptance room 7. Mechanical equipment 8. Rest rooms for staff



Rys. 3b. Budynek Laboratorium Monitoringu Środowiskowego Zarządzania Odpadami w Genewie Illinois (M. Harriman 1991); b) przekrój poprzeczny; 1. pomieszczenia laboratoryjne, 2. korytarz, 3. biura, 4. urządzenia wetylacyjne

Fig. 3b. Building of Environmental Waste Management Monitoring in Geneva, Illinois (M. Harriman 1991); b) Cross section; 1. Laboratory rooms 2. Corridor 3. offices 4. Ventilation equipment

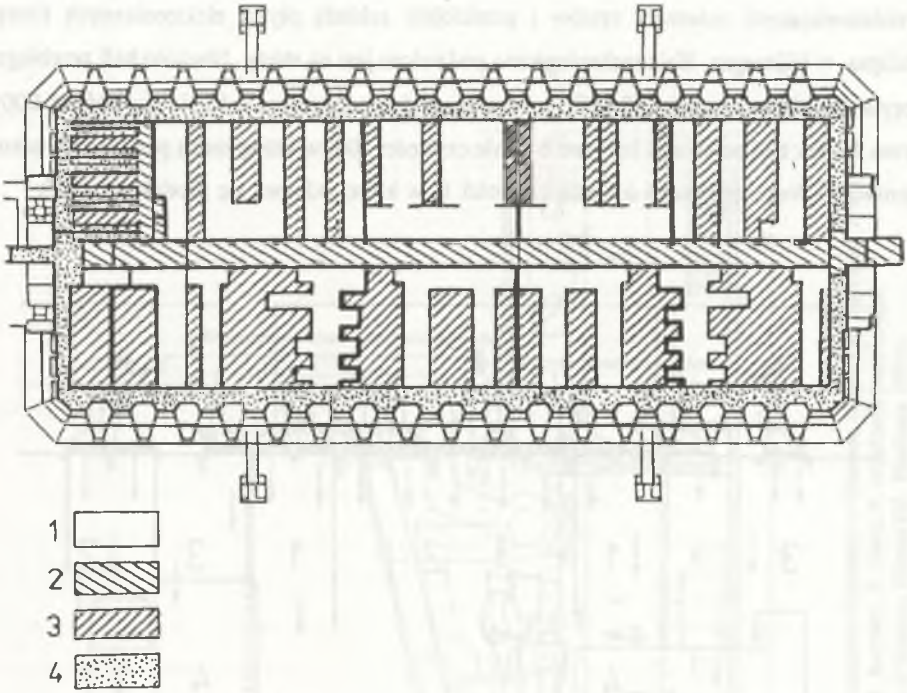
Problem podziału przestrzeni pracy w zakładzie high-technology wymagającej zachowania czystości powietrza można przeanalizować na rysunkach nr 4 i 5a,b [A. Willemsen 1989] przedstawiających schematy rzutów i przekrojów zakładu płytek elektronicznych firmy Philipsa w Nijmegen. Hala technologiczna podzielona jest na strefy. Naokoło hali przebiega korytarz o klasie czystości 10 000 i prowadzi on do pomieszczeń o klasie czystości 1 000. Przez środek hali przebiega korytarz o klasie czystości 100, w której mogą przebywać ludzie i prowadzi do pomieszczeń o klasie czystości 1, w której odbywa się produkcja płytek.



Rys. 4. Schemat podziału przestrzeni pracy na klasy czystości dla celów high-technology [A. Willemsen 1989]: 1. przestrzeń produkcji płytek (klasa czystości 1), 2. przestrzeń, w której przebywają ludzie (klasa czystości 10), 3. przestrzeń obsługi (klasa czystości 1000), 4. specjalne wyposażenie, 5. podnoszona podłoga perforowana

Fig. 4. Diagram of dividing work space into purity classes for high-technology purposes (A. Willemsen 1989) 1. space where plates are produced (purity class 1), 2. space where people stay (purity class - 10), 3. service space (purity class 1000), 4. special equipment, 5. lifted perforated floor

Odmianą tego typu pomieszczeń są laboratoria wirusowe, w których dodatkowym problemem jest oddzielenie zanieczyszczonego groźnymi wirusami powietrza usuwanego z pomieszczeń laboratoryjnych. Przykładem takiego rozwiązania jest obiekt Public Health Laboratory Building na Manhattanie. We wnętrzu o powierzchni około 6000 m^2 dokonuje się badań nad

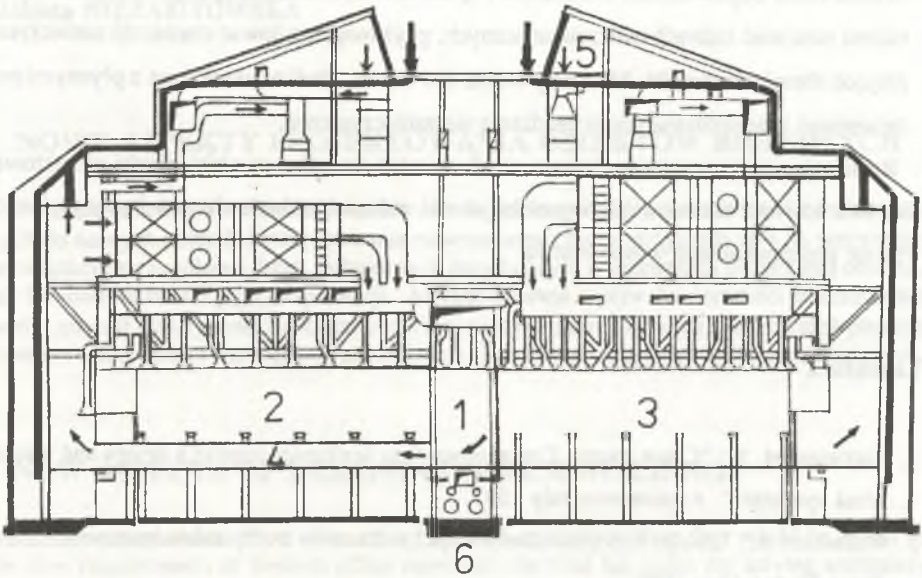


Rys. 5a. Schemat rzutu Fabryki Płytek Elektronicznych firmy Philips w Nijmegen [A. Willemsen, 1989]:
a) schemat rzutu - podział przestrzeni na klasy czystości:
1. klasa 1, 2. klasa 100, 3. klasa 1000, 4. klasa 10 000

Fig. 5a. Section diagram of the Philips Electronic Plate Factory in Nijmegen (A. Willemsen 1989):
a) view diagram division of space into purity classes:
1. class 1, 2. classe 100, 3. class 1000, class 10 000

uśpionym wirusem HIV. System śluz oddziela pomieszczenia badań od pomieszczeń o innym charakterze. Specjalny system wentylacji uniemożliwia przedostanie się wirusa na zewnątrz.

W projektowaniu architektonicznym tego typu obiektów występuje szereg problemów, jakich nie spotyka się w projektowaniu standardowych obiektów architektonicznych. Są one następujące:



Rys. 5b. Schemat przekroju Fabryki Płytek Elektronicznych firmy Philips w Nijmegen [A. Willemsen 1989]: b) schemat przekroju poprzecznego: 1. centralny korytarz, 2. sztolnia obsługi, 3. sztolnia czysta, 4. powrót powietrza z centralnego korytarza, 5. dostarczenie czystego powietrza, 6. procesy usuwania powietrza

Fig. 5b. Cross-section diagram of the Philips Electronic Plate Factory in Nijmegen (A. Willemsen 1989): b) cross-section diagram: 1. central corridor, 2. service adit, 3. pure adit, 4. air return from central corridor, 5. clean air supply, 6. air removal processes

- strefowanie pomieszczeń różnej klasy czystości i ich rygorystyczne oddzielenie systemem śluz. Jest to bardzo istotne, gdyż np. w laboratoriach chemicznych otwarcie buteleczki z próbką do badań w pomieszczeniu może spowodować skażenie wyników innych badań wykonywanych w tym samym czasie;
- zapewnienie dostępności do pomieszczeń klasy 1 czystości powietrza (z których całkowicie eliminuje się człowieka) poprzez śluzy, digestoria z rękawami;
- zabezpieczenie konstrukcji przed wibracją. Pomieszczenia 1 klasy czystości powietrza wymagają pełnej wymiany powietrza co 6 sekund, gdy w normalnych budynkach biurowych wymagana jest 2-3-krotna wymiana na godzinę;

- umożliwienie przepływu powietrza poprzez konstrukcję stropów;
- zastosowanie odpowiednich materiałów i sposobów wykończenia tych pomieszczeń. Nie można stosować żadnych tworzyw sztucznych, gdyż mogą emitować cząsteczki zanieczyszczające chemiczne próbki. Materiały muszą być czyste, gładko zakończone z płynnymi połączeniami uniemożliwiającymi osadzanie się zanieczyszczeń.

Realizacja pomieszczeń typu "clean room" wymaga nie tylko wysokiej jakości projektowania, lecz również zastosowania wysokiej jakości materiałów budowlanych i precyzyjnego, wysoce profesjonalnego wykonawstwa.

Literatura

1. Harriman M. S.: "Clean rooms. Contaminant-free workspace require a design and mechanical synthesis". Architecture July 1991.
2. Willemsen A.: "Bauten and Bauen bei Philips" w Sommer D. "Industriebauten Gestalten" Picus Verlag Vien 1989.

Abstract

New microelectronic technologies require specially prepared environmental conditions. Similar conditions are also expected in chemical and medical laboratories. Such conditions can be assured in specially designed rooms called "clean rooms". The necessity of isolating the service room precisely from the clean room itself requires special designing and construction of the building as well as the use of special materials that ensure ideal purity conditions in the rooms. Fig. 1 - 5 show several examples of solution in this type of laboratories and factories throughout the world.