

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Ю.М. Букін, О.П. Мельничук, Є.Є. Хитрих

**МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ  
ЦЕХІВ ОСНОВНОГО ВИРОБНИЦТВА  
ЛІТАКОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2010

УДК 629.735.33.002: 658.2 (075.8)

Букін Ю.М. Методичні основи проектування цехів основного виробництва літакобудівних підприємств: навч. посіб. / Ю.М. Букін, О.П. Мельничук, Є.Є. Хитрих. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 100 с.

Подано теоретичні основи проектування цехів основного виробництва літакобудівних підприємств.

Наведено основні положення з проектування заготівельних, механічних, агрегатно-складальних цехів, цехів попереднього й остаточного складання і аеродромних цехів.

Для студентів, які вивчають дисципліни, пов'язані з проектуванням виробничих ділянок і цехів авіаційних підприємств, і виконують домашні завдання, курсові й дипломні проекти.

Іл. 26. Табл. 39. Бібліогр.: 5 назв

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Б.В. Лупкін,  
лауреат Державної премії України В.І. Заяць

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2010

© Ю.М. Букін, О.П. Мельничук, Є.Є. Хитрих, 2010

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАКОБУДІВНИХ ЗАВОДІВ І ЦЕХІВ .....	5
1.1. Визначення трудомісткості виробу .....	6
1.2. Визначення фондів часу роботи устаткування і робітників .....	9
1.3. Визначення кількості устаткування .....	11
1.4. Визначення кількості робітників .....	14
1.5. Визначення і класифікація площ цеху .....	16
2. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТІВЕЛЬНО-ШТАМПУВАЛЬНИХ ЦЕХІВ .....	18
2.1. Призначення, склад і характеристика заготівельно-штампувальних ділянок і цехів .....	18
2.2. Вихідні дані й особливості проектування заготівельно-штампувальних ділянок і цехів .....	20
2.3. Розрахунок кількості устаткування, робітників і площі заготівельно-штампувальних ділянок і цехів .....	21
2.4. Компонування і планування заготівельно-штампувальних ділянок і цехів .....	27
3. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ЦЕХІВ .....	40
3.1. Призначення, склад і характеристика механічних ділянок і цехів .....	40
3.2. Вихідні дані й особливості проектування механічних ділянок і цехів .....	42
3.3. Розрахунок кількості устаткування, робітників і площі механічних ділянок і цехів .....	43
3.4. Компонування і планування механічних ділянок і цехів .....	48
4. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО-СКЛАДАЛЬНИХ ЦЕХІВ .....	54
4.1. Призначення, склад і характеристика агрегатно-складальних цехів .....	54
4.2. Вихідні дані й особливості проектування агрегатно-складальних цехів .....	55
4.3. Розрахунок кількості складальних пристроїв, устаткування, робітників і площі агрегатно-складальних цехів .....	57
4.4. Компонування і планування агрегатно-складальних цехів .....	66

5. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХІВ ПОПЕРЕДНЬОГО І ОСТАТОЧНОГО СКЛАДАННЯ ЛІТАКІВ .....	76
5.1. Призначення, склад і характеристика цехів попереднього і остаточного складання літаків .....	76
5.2. Вихідні дані й особливості проектування цехів попереднього і остаточного складання літаків .....	78
5.3. Розрахунок кількості складальних пристроїв, устаткування, робітників і площі цехів попереднього і остаточного складання літаків .....	79
5.4. Компонування і планування цехів попереднього і остаточного складання літаків .....	84
6. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ АЕРОДРОМНИХ ЦЕХІВ .....	87
6.1. Призначення, склад і характеристика аеродромних цехів .....	87
6.2. Вихідні дані й особливості проектування аеродромних цехів .....	88
6.3. Розрахунок кількості устаткування, робітників і площі аеродромних цехів .....	88
6.4. Компонування і планування аеродромних цехів .....	93
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....	99

## 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАКОБУДІВНИХ ЗАВОДІВ І ЦЕХІВ

Проектування літакобудівного заводу в цілому та його виробничих складових – цехів і ділянок є складним і трудомістким творчим процесом.

Узагальнено літакобудівні підприємства можна класифікувати за організаційно-технологічними ознаками і характеристиками об'єкта виробництва.

Класифікації за організаційно-технологічною ознакою відповідає поділ авіаційних підприємств на складальні або агрегатні заводи, заводи подетальної спеціалізації, з виробництва заготовок та спеціалізовані заводи оснащення.

В основі поділу підприємств за другою ознакою – характеристиками об'єкта виробництва – лежать різного роду параметри, які характеризують виріб, що виготовляється, у даному разі літак. Так, залежно від маси конструкції й геометричних розмірів літаки можуть бути трьох класів – важкі, середні та легкі; залежно від льотних характеристик і сфери застосування – дозвукові або надзвукові, цивільні або військові тощо.

Технологічні розрахунки, виконані при проектуванні ділянок і цехів літакобудівного заводу, є основою науково-технічного підходу щодо визначення оптимальних величин і параметрів, які визначаються у проекті.

У завданні на проектування підприємства, як правило, задається потужність підприємства, тобто кількість продукції, що виготовляється виробничою ділянкою або цехом у календарний відрізок часу при певних режимах роботи.

Технологічні розрахунки при проектуванні цехів підрозділяються на два етапи.

На першому етапі здійснюється визначення:

- трудомісткості виробу;
- продуктивності або фонду часу устаткування й робітників.

На підставі результатів попереднього етапу на другому виконується розрахунок необхідної кількості:

- матеріалів;
- знарядь виробництва;
- робочої сили;
- виробничих та інших площ.

Технологічні розрахунки починають від заданого обсягу виробництва, тобто від програми випуску продукції до визначення споживчих властивостей виробництва.

## 1.1. Визначення трудомісткості виробу

Трудомісткість виготовлення виробу є одним з основних показників для проектування сучасного літакобудівного заводу і його цехів. Складність визначення трудових витрат полягає в тому, що класичний метод нормування на стадії проекту не може бути застосовано, тому що цей виріб у серійному виробництві ще не виготовлявся.

Трудомісткість – величина умовна, яка визначається в людино-годинах. При виготовленні окремих літаків вона досягає декількох сотень тисяч людино-годин. Разом з тим трудомісткість виробу – величина змінна, що має тенденцію до зменшення в міру освоєння виробництва цього виробу. Трудомісткість залежить від цілого ряду факторів: технологічного процесу, використовуваного устаткування, ступеня механізації й автоматизації виробничих процесів тощо.

Можна виділити три основних принципово відмінних методи визначення трудомісткості:

- емпіричний;
- експертний;
- технологічний розрахунковий метод.

*Емпіричний метод* ґрунтується на використанні досвіду заводів з виготовлення літаків-аналогів та виявленні закономірностей щодо формування й зміни трудомісткості. Ці закономірності переносяться на процес з визначення трудомісткості нового літака. Недоліком методу є те, що не враховуються якісні зміни конструктивного й технологічного характеру на новому виробі, а також технічний рівень виробництва.

*Експертний метод* оснований на експертному оцінюванні трудомісткості основних розрахункових агрегатів як безпосередньо за даними трудомісткості дослідного виробу, так і у випадку наявних літаків-аналогів. Звідси два різновиди цього методу: безаналоговий і аналоговий.

Безаналоговий метод застосовується у випадку запуску в серію нового виробу, який не має в минулому аналога, де за основу беруться дослідні норми по основних розрахункових агрегатах літака.

Аналоговий метод застосовується у випадку запуску в серію нового виробу, який має аналог, загальна трудомісткість  $T_H$  такого виробу визначається формулою

$$T_H = G_H t k_{\text{п}} k_{\text{с}}, \quad (1.1)$$

де  $G_H$  – маса нового виробу, кг;

$t$  – питома трудомісткість виготовлення виробу-аналога на 1 кг маси базового літака, год/кг;

$k_{\text{л}}$  – коефіцієнт зростання продуктивності праці;

$k_{\text{с}}$  – коефіцієнт конструктивно-технологічної складності нового виробу.

У свою чергу  $k_{\text{с}}$  визначається як відношення трудових витрат на виготовлення окремих елементів конструкції нового виробу  $t_{\text{ЕН}}$  до аналогічних витрат уже освоєного  $t_{\text{ЕА}}$ , тобто виробу-аналога:

$$k_{\text{с}} = \frac{t_{\text{ЕН}}}{t_{\text{ЕА}}}. \quad (1.2)$$

Основним недоліком експертного методу є суб'єктивність в оцінюванні трудомісткості нових виробів, що в окремих випадках може призвести до похибок. Разом з тим цей метод є поки що єдиним методом прогнозування трудомісткості нових оригінальних виробів, які не мають аналогів у минулому, або виробів, характеристики яких значно відрізняються від аналогів.

*Технологічний розрахунковий метод* визначення трудомісткості нового виробу оснований на технічному нормуванні процесу його виготовлення, що потребує розроблення технології з виробництва нового виробу. В цьому випадку використовуються класичні методи визначення трудомісткості, тобто визначається необхідний штучний або штучно-калькуляційний час залежно від масштабів виробництва.

Технологія виробництва може розроблятися або подетально, тобто на кожну деталь або вузол (складальну одиницю), або на типовий представник однорідної конструктивно-технологічної групи деталей і вузлів, для чого має бути виконана класифікація всієї номенклатури деталей і вузлів виробу.

Технологія як подетальна, так і на типові представники може розроблятися з різним ступенем деталізації:

- операційна – у вигляді операційних технологічних карт;
- укрупнена – у вигляді зведених технологічних карт на оброблення всієї деталі або вузла;
- маршрутна – тільки із зазначенням послідовності проходження деталей або вузлів за стадіями оброблення або складання.

Технологічним розрахунковим методом визначають величину трудомісткості виробу лише на певну, тобто конкретну, програму його випуску.

Штучний операційний час  $t_{\text{шт}}$  за видами робіт визначають співвідношенням

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}} + t_{\text{орг.обсл}} + t_{\text{техн.обсл}} + t_{\text{відп}}, \quad (1.3)$$

де  $t_{осн}$  – основний (технологічний або машинний) час, хв;  
 $t_{доп}$  – допоміжний час на операцію, хв;  
 $t_{орг.обсл}$  – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв;  
 $t_{техн.обсл}$  – час на технічне обслуговування робочого місця, хв;  
 $t_{відп}$  – час на перерви для відпочинку й природніх потреб, хв.

Штучно-калькуляційний час  $t_{шт-к}$  для одиничного й дрібносерійного виробництва визначається формулою

$$t_{шт-к} = \frac{t_{п.з}}{n} + t_{осн} + t_{дод}, \quad (1.4)$$

де  $t_{п.з}$  – підготовчо-заключний час, хв;  
 $n$  – кількість деталей у партії, шт.;  
 $t_{дод}$  – додатковий час, хв, який у свою чергу визначається співвідношенням

$$t_{дод} = t_{доп} + t_{орг.обсл} + t_{техн.обсл} + t_{відп}. \quad (1.5)$$

Слід також зазначити, що на величину трудомісткості виробу впливають такі параметри:

- програма випуску;
- масштаб добового випуску;
- клас літака (важкий, середній, легкий).

Експериментально встановлено, що при подвоєнні випуску трудомісткість виготовлення літака знижується на 20%. Виробничі дослідження також показали, що зі збільшенням габаритних розмірів літака його оброблювані поверхні збільшуються повільніше, ніж вага літака. Тому питомі витрати праці, віднесені на один кілограм маси, будуть вище у легкого літака порівняно з важким.

Узагальнену трудомісткість цеху, що витрачається на виконання виробничої програми, можна розділити на чотири види:

$T_{тр.р}$  – технологічну, тільки по основних робочих цехах;

$T_{тр.в}$  – загальну, по всіх робітниках цеху (основних і допоміжних);

$T_{тр.ц}$  – цехову, по всіх працюючих у цеху;

$T_{тр.з}$  – заводську, складову частку трудових витрат усього промислового виробничого персоналу підприємства, що припадають на продукцію цеху.

Також слід зазначити поняття верстатомісткості – величини, що виражається в верстато-годинах. Розрізняють:

$T_{с.з}$  – річну загальну верстатомісткість, необхідну для виконання всієї річної програми цеху з урахуванням переналагоджень устаткування в робочі зміни;



$T_{c.p}$  – річну технологічну (розрахункову) верстатомісткість, необхідну для виконання також усієї річної програми цеху, але без урахування переналагоджень устаткування.

## **1.2. Визначення фондів часу роботи устаткування і робітників**

Режим роботи заводу (цеху, ділянки) залежить від прийнятої змінності, тривалості змін і графіка, що передбачає переривчасту, частково переривчасту, неповністю безперервну та повністю безперервну роботу.

При *повністю безперервному* режимі робота цеху та устаткування виконується цілодобово й цілорічно без вихідних і святкових днів. Тому кількість робочих днів за рік – 365 (366) – дорівнює кількості календарних днів. При *неповністю безперервному або частково переривчастому* режимах робота також виконується цілодобово, але в першому випадку тільки крім святкових днів, а в другому – крім святкових і не всіх вихідних днів.

На більшості машинобудівних заводів режим роботи *переривчастий, двозмінний*. Для гнучких виробничих систем, окремих вузьких ділянок і для унікального устаткування може застосовуватись *тризмінна* робота.

Для цехів і ділянок з нормальними умовами роботи встановлено 40-годинний робочий тиждень. Тому в проектах, виходячи з двох вихідних днів на тиждень, приймають, що тривалість нормальної зміни становить 8 годин. У передсвяткові дні тривалість зміни скорочується на 1 годину. Для виробництва зі шкідливими умовами праці встановлений більш короткий 36-годинний робочий тиждень.

Розрізняють три фонди часу роботи: календарний, номінальний і дійсний (розрахунковий):

$\Phi_K$  – *календарний* річний фонд часу дорівнює добутку всіх календарних днів у році на число годин за добу

$$\Phi_K = 365 \text{ діб} \times 24 \text{ год} = 8760 \text{ год.} \quad (1.6)$$

$\Phi_H$  – *номінальний* річний фонд часу відрізняється від календарного тим, що в нього не включаються години, що припадають на вихідні та святкові дні, на міжзмінний час і години, на які скорочено зміни у передсвяткові дні. Номінальний річний фонд часу залежить від прийнятого режиму роботи (табл. 1.1).

У загальному вигляді номінальний річний фонд часу роботи устаткування (обладнання)  $\Phi_{HO}$  визначається виразом

$$\Phi_{HO} = D \cdot \Gamma \cdot m, \quad (1.7)$$

або

$$\Phi_{HO} = m \cdot \Phi_{HO_{13\text{міна}}}, \quad (1.8)$$

де  $D$  – кількість робочих днів за рік;

$\Gamma$  – кількість робочих годин за одну зміну;

$m$  – кількість змін роботи;

$\Phi_{HO_{13\text{міна}}}$  – номінальний річний фонд часу роботи устаткування за одну зміну, год.

Таблиця 1.1 – Номінальний річний фонд часу роботи устаткування і робітників при 40-годинному робочому тижні

Назва	Фонд часу устаткування при роботі			Фонд часу робітників, год
	в одну зміну, год	у дві зміни, год	у три зміни, год	
Кількість годин роботи в повні робочі дні	8	8 + 8	8 + 8 + 8	8
Номінальний річний фонд часу роботи	2010	4020	6030	2010

При цьому номінальний річний фонд часу робітників  $\Phi_{НР}$  розраховується за формулою

$$\Phi_{НР} = D \cdot \Gamma, \quad (1.9)$$

тому що час роботи одного робітника обмежено тільки однією зміною.

$\Phi_D$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи робітників та устаткування, який отримують із номінального фонду шляхом зменшення його на величину втрат часу, які обумовлені таким:

– для робітників – відпустками, відсутністю з поважних причин (хвороби, навчання й т.п.), виконанням державних або суспільних обов'язків тощо (табл. 1.2);

– для устаткування – капітальними, середніми й поточними ремонтами.

Дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування або обладнання  $\Phi_{ДО}$  визначається за формулою

$$\Phi_{ДО} = \Phi_{HO} \cdot k_{уст} = D \cdot \Gamma \cdot m \cdot k_{уст}, \quad (1.10)$$

або

$$\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}, \quad (1.11)$$

де  $\Phi_{но}$  – номінальний річний фонд часу роботи устаткування, год;  
 $k_{уст}$  – коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт устаткування.

$\Phi_{до1зміна}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування за одну зміну, год.

При розрахунку коефіцієнт утрат від номінального фонду часу роботи устаткування в середньому становить:

- при одній зміні – 2...6%;
- при двох змінах – 3...9%;
- при трьох змінах – 4...12%.

Величини дійсних (розрахункових) річних фондів часу робітників  $\Phi_{др}$  залежно від тривалості відпустки подано в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Дійсний річний фонд часу робітників при 40-годинному робочому тижні та номінальному річному фонді часу 2010 год

Тривалість відпустки в календарних днях	Тривалість відпустки в робочих днях	Втрати часу від номінального фонду часу, %	Дійсний річний фонд часу робітника, год
21	15	6	1890
28	20	8	1850
35	25	10	1810
42	30	12	1770
49	35	14	1730
56	40	16	1690

### 1.3. Визначення кількості устаткування

Устаткування цехів і ділянок поділяють на виробниче (технологічне), допоміжне, підйомно-транспортне й енергетичне.

Необхідна кількість технологічного устаткування визначається одним з таких методів:

- за штучною технічно обґрунтованою нормою часу  $t_{шт-к}$  або штучно-калькуляційним часом  $t_{шт-к}$ ;
- за сумарною трудомісткістю на види робіт, отриманою укрупненим методом;
- за годинною продуктивністю устаткування;
- за цикловим часом виготовлення виробу;
- за питомими показниками (наприклад, за кількістю устаткування на тонну оброблюваних деталей).

Розрахунок устаткування для серійного виробництва за найбільш точним методом може бути виконано за технічно обґрунтованим штучним або штучно-калькуляційним часом, при цьому розрахунок за штучно-калькуляційним часом необхідний, якщо частка підготовчо-заключного часу, що входить до складу норми часу, відносно велика й може вплинути на кількість устаткування, що розраховується.

Для оброблення деталей одного типу кількість устаткування  $C_P$  визначається за формулою

$$C_P = \frac{T_\Sigma}{\Phi_{до}} = \frac{t_{шт-к} N}{60 \cdot \Phi_{до}}, \quad (1.12)$$

де  $T_\Sigma$  – сумарний нормований час, необхідний для оброблення річної кількості деталей на верстатах даного типу, год;

$\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування (верстата), год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$t_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час для оброблення однієї деталі при виготовленні деталей на верстатах даного типу, хв;

$N$  – річна програма виготовлення деталей на верстатах даного типу, шт.

При обробленні на верстатах різнойменних деталей сумарний нормований час  $T_\Sigma$  дорівнює сумі добутоків часу оброблення однієї деталі на річну кількість однакових деталей:

$$T_\Sigma = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^n (t_{шт-к_i} N_i). \quad (1.13)$$

Тоді кількість устаткування  $C_P$  для оброблення на ньому декількох типів деталей визначають за формулою

$$C_P = \frac{T_\Sigma}{\Phi_{до}} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{шт-к_i} N_i)}{60 \cdot \Phi_{до}}. \quad (1.14)$$

Розрахунок кількості устаткування для потокового виробництва виконують залежно від величини такту потокової лінії, яку визначають за таким виразом:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_{HO} k_{уст}}{N} = \frac{60 \cdot \Phi_{ДО}}{N}, \quad (1.15)$$

де  $\tau$  – такт потокового виробництва, хв;

$\Phi_{HO}, \Phi_{ДО}$  – номінальний і дійсний річні фонди часу роботи устаткування (обладнання) відповідно, год;

$k_{уст}$  – коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт устаткування;

$N$  – річна програма випуску, шт.

Визначивши такт потокової лінії, знаходять розрахункову кількість устаткування  $C_P$  для однієї операції в потоковій лінії:

– для масового потокового виробництва

$$C_P = \frac{t_{ум}}{\tau}; \quad (1.16)$$

– для серійного й штучного виробництва

$$C_P = \frac{t_{ум-к}}{\tau}, \quad (1.17)$$

де  $t_{ум}, t_{ум-к}$  – штучний і штучно-калькуляційний час на дану операцію відповідно, хв.

Для змінних багатомоделових потокових ліній величина такту  $\tau_{МП}$  і кількість устаткування  $C_P$  визначаються формулами

$$\tau_{МП} = \frac{60 \cdot \Phi_{ДО} k_n}{\sum_{i=1}^n N_i}; \quad (1.18)$$

$$C_P = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{ум-к_i} N_i)}{60 \cdot \Phi_{ДО} k_n}, \quad (1.19)$$

де  $t_{ум-к_i}$  – штучно-калькуляційний час для оброблення  $i$ -ї деталі, хв;

$N_i$  – виробнича програма випуску  $i$ -ї деталі;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує витрати часу на переналагодження лінії з одного найменування деталей на інше ( $k_n = 0,95$ ).

Розрахунок кількості стендів і стапелів для агрегатно-складальних робіт можна виконувати за укрупненою трудомісткістю або цикловим часом за такими формулами:

$$C_P = \frac{T_C \cdot N}{\Phi_{до} \cdot n}, \quad (1.20)$$

або

$$C_P = \frac{\zeta \cdot N}{\Phi_{до}}, \quad (1.21)$$

де  $T_C$  – трудомісткість робіт на стапелі або стенді, год;

$N$  – річна програма випуску;

$\zeta$  – цикл знаходження агрегату або виробу в стапелі або на стенді, год;

$\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи стапеля (стенду), год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$n$  – щільність робіт або кількість робітників, які одночасно працюють на стапелі або стенді, чол.

#### 1.4. Визначення кількості робітників

У загальному вигляді до складу цехового персоналу входять:

- виробничі робітники;
- допоміжні робітники;
- інженерно-технічні працівники (ІТП);
- лічильно-конторський персонал (ЛКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

У серійному й дослідному виробництвах кількість *виробничих робітників* визначається розрахунковим шляхом двома можливими варіантами:

- залежно від трудомісткості виконання обсягу робіт і фонду часу робітника;
- за кількістю прийнятого устаткування.

У першому випадку кількість виробничих робітників  $P_P$  у загальному вигляді визначається у такий спосіб:

$$P_P = \frac{T \cdot N}{\Phi_{др}}, \quad (1.22)$$

де  $T$  – трудомісткість по видах робіт при виготовленні виробу, год;

$N$  – річна програма випуску, шт.;

$\Phi_{др}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу робітника, год.

За умови багатостатної роботи, коли один виробничий робітник обслуговує кілька одиниць устаткування, кількість робітників  $P_P$  може бути визначено залежно від сумарного штучно-калькуляційного часу на кожну операцію:

$$P_P = \frac{T_\Sigma}{\Phi_{ДР} \cdot K_B} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{шт-кi} N_i)}{60 \cdot \Phi_{ДР} \cdot K_B}, \quad (1.23)$$

де  $T_\Sigma$  – сумарний нормований час річної кількості  $N$  деталей, год;  
 $t_{шт-кi}$  – штучно-калькуляційний час для оброблення  $i$ -ї деталі, хв;  
 $N_i$  – виробнича програма випуску  $i$ -ї деталі;  
 $K_B$  – коефіцієнт багатостатності, тобто кількість верстатів, що одночасно обслуговуються одним робітником.

Користуючись другим методом, розрахунок кількості виробничих робітників  $P_P$  за кількістю устаткування виконують виходячи з прийнятої або встановленої кількості устаткування  $C_{П}$ :

$$P_P = \frac{\Phi_{ДО} \cdot C_{П} \cdot K_3}{\Phi_{ДР}}, \quad (1.24)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт завантаження устаткування за часом, який визначається співвідношенням

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{П}}, \quad (1.25)$$

де  $C_P$  – розрахункова кількість устаткування, шт;  
 $C_{П}$  – прийнята кількість устаткування, шт.

Якщо розрахункова кількість робітників  $P_P$  виходить дробовою, то прийняту кількість робітників  $P_{П}$  призначають такою, що дорівнює найближчому більшому цілому числу.

Отриману кількість виробничих робітників розподіляють за професіями, кваліфікаціями (розрядами). Визначають середній розрядний (тарифний) коефіцієнт і середній розряд у цеху, а також кількість робітників, що працюють у першу та в другу зміни.

Далі визначають необхідну кількість допоміжних робітників та іншого персоналу.

До групи *допоміжних робітників* належать робітники, що обслуговують основне виробництво: верстатники, слюсарі з ремонту устаткування, пристосувань і штампів, наладчики, електромонтери тощо.

До *інженерно-технічних працівників* (ІТП) належить увесь склад керівного інженерно-технічного персоналу: начальники цехів, технологи, інженери, майстри ділянок тощо.

До *лічильно-контрського персоналу* (ЛКП) належать: бухгалтери, рахівники, діловоди, табельники, обліковці тощо.

*Молодший обслуговуючий персонал* (МОП) становлять прибиральниці, гардеробниці, кур'єри та ін.

Кількість цих категорій працюючих визначається або залежно від кількості виробничих робітників за нормами технологічного проектування та техніко-економічними показниками галузі, або за штатними відомостями, які складаються при проектуванні цеху.

### **1.5. Визначення і класифікація площ цеху**

Відповідно до норм технологічного проектування вся площа літакобудівного заводу або цеху поділяється на такі класифікаційні групи:

- загальна (корисна) площа;
- робоча – виробнича й допоміжна;
- складська;
- підсобна – енергетична й обслуговуюча;
- адміністративно-технічна і побутових обладнань.

Як *загальну (корисну) площу* заводу слід розглядати суму всіх виробничих, допоміжних, підсобних, складських, адміністративно-технічних площ і площ побутових устаткувань, розташованих у виробничих будівлях і спорудах. При цьому загальну площу необхідно розраховувати як суму площ усіх поверхів у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін без площ, що займають сходові клітки, наскрізні шахти ліфтових підйомників, внутрішні стіни, опори, а також перегородки.

*Робоча (виробнича) площа* – це сума площ приміщень, розташованих на поверхах виробничих будівель, а також на антресолях, майданчиках, що обслуговуються, етажерках, галереях, естакадах, у підвалах та інших місцях, призначених для розміщення виробничого устаткування, стапелів і стендів, на яких виготовляють деталі, збирають і випробовують вузли, агрегати й літаки в цілому.

*Допоміжна площа* в масштабі заводу складається з суми площ інструментальних, ремонтно-механічних цехів, цехів складальних пристосувань, а також комплексу цехів спеціального технологічного оснащення.

*Складська площа* визначається як сума площ, призначених для зберігання матеріалів, хімікатів, стиснених газів, готових виробів тощо.

*Підсобна площа* – площа загальнозаводських енергетичних обладнань, яка складається з суми площ, що займають котельні, насосний водопровід і каналізація, компресорні, ТЕЦ, трансформаторні підстанції, розподільне обладнання тощо, а також площа, призначена для обслуговування внутрішньозаводського транспорту – автогаражі, пожежне депо, залізничні служби та ін.



Адміністративно-технічні площі складаються з заводууправління, технічних кабінетів, архівів, технічної бібліотеки, бюро пропусків тощо.

Площа побутових обладнань – площі, зайняті гардеробами, душовими, вмивальниками, їдальнями, буфетами, медпунктами тощо.

Виробничу площу можна визначити декількома способами:

1. Визначення кількості виробничої площі за питомими нормами на одиницю устаткування з наступною перевіркою цієї площі планувальними рішеннями.

2. Визначення площі за техніко-економічними показниками: питомою площею на одного виробничого робітника, питомою площею на один літак, що виготовляється, та ін.

Неохідну виробничу площу  $S_P$  для одного типу устаткування за питомою площею на одиницю цього устаткування розраховують за формулою

$$S_P = C_{\Pi} S_{\text{пум}}, \quad (1.26)$$

де  $C_{\Pi}$  – прийнята кількість устаткування, шт.;

$S_{\text{пум}}$  – питома площа на одиницю устаткування, м<sup>2</sup>.

Тоді виробнича площа  $S_P$ , м<sup>2</sup>, усього цеху або ділянки розраховується як сума добутоків кількості устаткування кожного типу на відповідну їм питому площу, тобто визначається виразом

$$S_P = \sum_{i=1}^n (C_{\Pi_i} S_{\text{пум}_i}), \quad (1.27)$$

де  $C_{\Pi_i}$  – прийнята кількість устаткування, стапелів або стендів і ручних робочих місць по кожному його типу, шт.;

$S_{\text{пум}_i}$  – питома площа на одиницю устаткування  $i$ -го типу, м<sup>2</sup>.

На стадії робочого проекту виробнича площа цеху уточнюється прийнятим плануванням устаткування. Допоміжна, складська й інші площі вибираються по таблицях і коректуються плануванням.

Таким чином, загальна площа цеху  $S$ , м<sup>2</sup>, може бути визначена за співвідношенням вигляду

$$S = \sum_{i=1}^n (C_{\Pi_i} S_{\text{пум}_i}) \cdot \left(1 + \frac{a+b}{100}\right) + S_{\Sigma\text{поб}}, \quad (1.28)$$

де  $a, b$  – коефіцієнти, що враховують площі допоміжних і складських приміщень відповідно ( $a = 65...80\%$ ,  $b = 5...7\%$  від виробничої площі  $S_P$ );

$S_{\Sigma\text{поб}}$  – сумарна площа всіх побутових приміщень і контор ( $S_{\Sigma\text{поб}} \approx 3,6\%$  від виробничої площі  $S_P$ ).

## **2. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТІВЕЛЬНО-ШТАМПУВАЛЬНИХ ЦЕХІВ**

### **2.1. Призначення, склад і характеристика заготівельно-штампувальних ділянок і цехів**

Через заготівельно-штампувальні цехи проходить близько 80% матеріалів, що йдуть на виготовлення літака. Зазвичай до типового складу заводу належать такі заготівельно-штампувальні цехи:

1. *Цех централізованого розкрою.* До його складу належать: відділення прямолінійного і криволінійного розкрою, відділення дрібного штампування, слюсарно-довідні відділення. Виробничі відділення цеху виконують операції розкрою з листа деталей прямолінійного, криволінійного та змішаного контурів. Основне устаткування цеху – гильйотинні, роликові або вібраційні ножиці, копіювальні свердлильно-фрезерні верстати; спеціалізовані свердлильно-фрезерні верстати й спеціальні фрезерні верстати; кривошипні й ексцентрикові преси, дискові й стрічкові пили; пристрої плазменно-дугового різання.

2. *Заготівельно-штампувальний цех дрібних деталей,* який у своєму складі має пресове відділення та слюсарно-довідне відділення. Виробничі відділення виконують операції штампування-вирізання (вирубка-пробивка) і штампування-гнуття. Основне устаткування цеху – ексцентрикові та кривошипні преси малої потужності.

3. *Цех обшивок* одинарної й подвійної кривизни складається з відділень: прокатки, обтягування та відділення доведення. Основні операції – гнуття-прокатка (обшивка одинарної кривизни). Основне устаткування – листозгинальні верстати типу КГЛ, ГЛС, операції – обтягування й згинання з розтягуванням (обшивки подвійної кривизни). Основне устаткування – обтяжні преси, розтяжні-обтяжні преси. Обичайки, що мають форму тіл обертання, отримують методом ротаційного видавлювання на спеціальному устаткуванні. Монолітні панелі одинарної кривизни з поздовжніми й поперечними ребрами жорсткості формуються гнуттям-прокаткою на верстатах типу КГЛ і ГЛС. Монолітні панелі одинарної кривизни без поперечних ребер жорсткості формують гнуттям-прокаткою, гнуттям з пересуванням або дробоструминною обробкою на спеціальних пристроях. Монолітні панелі подвійної кривизни можна формувати штампуванням вибухом.

4. *Цех гідропресів* виконує операції: гнуття, формування й витягування деталей гумою. До складу цеху належать два виробничі відділення – штампування гумою та довідне. Основне устаткування – гідравлічні преси типу ПШГ.

5. *Цех листоштампувальних молотів* складається з відділень: штампування на листоштампувальних молотах; штампування вибухом, електрогідравлічного й електромагнітного штампування та доведення. Цех виконує операції штампування-витягування й штампування-гнуття. Основною операцією є все-таки штампування-витягування деталей типу напівпатрубоків, донець, обтічників, елементів нервюр і діафрагм. Основним устаткуванням цеху є листоштампувальні молоти типу МЛ і МГС, пристрої електрогідравлічного й електромагнітного штампування, комплекс устаткування для штампування вибухом.

6. *Цех з виготовлення деталей з профілів*. До складу цеху входять: розкрійне відділення, відділення формоутворення деталей з листових профілів, відділення формоутворення деталей з пресованих профілів, довідне відділення. Ці відділення виконують операції: гнуття, підсікання, малкування й обрізання профілів. Основне устаткування в цеху – профілезгинальні верстати та преси, устаткування для операцій розділення, преси для малкування й підсікання профілів.

7. *Цехи з виготовлення деталей з труб*. Ці цехи складаються з розкрійного, трубокгинального та випробувального відділень. Основні операції, що виконуються в цеху, – гнуття, розвальцьовування й різання труб. Основне устаткування – верстати для гнуття труб, розвальцьовальні верстати та пили.

Для нормального здійснення виробничого та технологічних процесів, а також для зручності обслуговування виробничого персоналу до складу кожного з перерахованих цехів входять допоміжні відділення, складські приміщення, контори й побутові приміщення.

До допоміжних відділень цеху належать відділення механіка цеху та відділення з ремонту штампів.

До складу складських приміщень входять склад шаблонів і дрібних штампів, склад заготовок, проміжні склади та склади готових деталей, розподільчі-інструментально-роздавальні комори, комора механіка цеху.

До конторських приміщень належать приміщення для відділу підготовки виробництва; технологічного бюро, бюро праці й зарплати; бюро технічного контролю; бюро цехового механіка; планово-диспетчерського бюро; табельної, а також приміщення для керівного складу цеху.

До складу побутових приміщень входять корпусні побутові приміщення, що обслуговують декілька цехів, – санвузли, душові й умивальні, буфет та їдальня, медпункти, курильні кімнати, приміщення

для особистої гігієни. До цехових побутових приміщень належать гардероби й приміщення для громадських організацій.

## **2.2. Вихідні дані й особливості проектування заготівельно-штампувальних ділянок і цехів**

Для проектування конкретного цеху необхідні вихідні дані, за якими виконують технологічні розрахунки й втілюють проектувальні роботи:

- відомість деталей і заготовок, що виготовляються в даному цеху;
- класифікатор деталей, що виготовляються, та заготовок, який складено на підставі відомості;
- річна виробнича програма;
- розміщення цехів, з якими цех, що проектується, буде кооперуватися;
- технічні умови на проектування елементів механізації й автоматизації;
- вагові характеристики деталей, відсоток відходів і способи їхньої утилізації;
- завдання на ремонт штампів і устаткування.

Основою для проектування цеху служить його виробнича програма. Виробнича програма цеху містить відомості про тип літака, кількість найменувань деталей, кількість деталей, що застосовують на один виріб, а також обсяг річної програми випуску.

Випуск запасних частин має задаватися або у відсотках від загальної трудомісткості в цеху, або у відсотках від маси виробу.

Відомість, що відображає виробничу програму цеху, супроводжується комплектом креслень деталей і технічними умовами на їхнє виготовлення.

Оскільки значна частина деталей обробляється в декількох цехах, то необхідно вказувати умови розміщення цехів централізованого розкрою, термічного цеху кольорових металів, цеху анодування, ґрунтування й фарбування деталей відносно заготівельно-штампувальних цехів або заготівельно-штампувального комплексу, які проектуються.

Заготівельно-штампувальні процеси, що поєднують можливість підвищення продуктивності праці з одержанням високих механічних властивостей і високої якості поверхонь виготовлених деталей, широко поширені в авіаційному виробництві.

Однак часта змінюваність об'єктів виробництва, відносно короткі строки, що передбачаються на оснащення технологічних процесів, малі обсяги виробництва, а також велика номенклатура виробів і деталей, які виготовляються на пресовому та обтяжному устаткуванні,

змушують зважати на собівартість виготовлення деталей і при розробленні методів формоутворення деталей брати до уваги їхню економічну складову.

Прагнення до зниження технологічної собівартості виготовлення деталей привела до створення й розвитку таких методів формоутворення деталей, які різко зменшують грошові витрати порівняно з методами виготовлення деталей на пресах в інструментальних штампах, які широко застосовуються у машинобудуванні. До таких специфічних методів належать: гнуття, прокатка, розкочування, штампування гумою або рідиною, обтягування, штампування на листоштампвальних молотах у спрощених штампах, штампування вибухом, електрогідравлічне, електромагнітне штампування тощо.

Таким чином, при виборі технологічних процесів та устаткування з декількох методів формоутворення деталей, що дають можливість одержати подібні технологічні результати, слід виходити з принципів економічної доцільності.

Отже, при розробленні технологічних процесів і виборі устаткування необхідно виходити з таких принципів:

- технологічний процес має забезпечити необхідні фізико-механічні властивості виготовлених деталей і високу якість їхньої поверхні;
- технологічна собівартість виготовлення деталей повинна бути мінімальною;
- строки окупності впровадження пропонованого варіанта мають лежати в припустимих межах.

### **2.3. Розрахунок кількості устаткування, робітників і площі заготівельно-штампвальних ділянок і цехів**

Розрахунок кількості одиниць устаткування  $C_p$  по кожному типорозміру пресів і спеціальних верстатів виконують за формулою

$$C_p = \frac{T \cdot N + T_n}{\Phi_{до} \cdot n}, \quad (2.1)$$

де  $T$  – трудомісткість одиниці виробу з урахуванням трудомісткості зачастин по даному виду робіт, год;

$N$  – річна програма випуску виробів, шт.;

$T_n$  – сумарний річний час на переналагодження штампів, год;

$\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування (обладнання), год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$n$  – коефіцієнт щільності робіт на робочому місці.

Норми часу на переналагодження одного штампа наведено в табл. 2.1. Коефіцієнт щільності робіт визначається кількістю одночасно працюючих на одиниці устаткування (табл. 2.2).

Таблиця 2.1 – Норми часу, необхідні для переналагодження штампів

Тип і номінальне зусилля преса, т	Кількість установників у бригаді, чол.	Час на установлення одного штампа, хв		Час на зняття одного штампа, хв
		без буферного пристрою	з буферним пристроєм	
Штампи простої дії:				
До 50	1	20	30	10
Від 50 до 100	1	30	40	15
Від 100 до 150	1	40	60	20
Від 150 до 250	1	60	90	30
Від 250 до 350	2	70	100	35
Від 350 до 500	2	80	110	40
Від 500 до 750	2	100	130	50
Від 750 до 1200	2	140	170	65
Понад 1200	2	160	190	70
Штампи подвійної дії:				
До 400	2	180	200	100
Від 400 до 600	2	220	260	120
Понад 600	2	300	360	150

Якщо при розробленні технологічного процесу прийнято групову поточкову лінію, то кількість устаткування  $C_p$  в лінії визначається окремо для кожної операції, що входить у поточкову лінію, відповідно до трудомісткості роботи та тактом роботи лінії

$$C_p = \frac{T_{\Sigma}}{\tau n} = \frac{T_M + T_{PM}}{\tau n}, \quad (2.2)$$

де  $T_{\Sigma}$  – сумарна трудомісткість машинокомплекту на одиницю виробу та часу на перестановку штампів, віднесених до машинокомплекту деталей на даному пресі, год;

Таблиця 2.2 – Кількість одночасно працюючих на одиниці виробничого устаткування або коефіцієнт щільності робіт *n*

№ п/п	Назва устаткування	<i>n</i>
1	Гідравлічний прес зусиллям 500 т з двома конвеєрними плитами	3
2	Гідравлічний прес зусиллям 2500 т з чотирма конвеєрними плитами	5
3	Гідравлічний прес зусиллям 2500 т з шістьма конвеєрними плитами	7
4	Гідравлічний прес зусиллям 5000 т із двома конвеєрними плитами та преси ПШГ	5
5	Гідравлічні й кривошипні витяжні преси зусиллям понад 200 т і преси ПШГ	2
6	Обтяжно-розтяжний прес типу РО	3
7	Обтяжний прес ОП	2
8	Листоштампувальні молоти	1
9	Прес гнuttя з розтягуванням ПГР-6	1
10	Прес гнuttя з розтягуванням ПГР-7	2
11	Прес гнuttя з розтягуванням ПГР-8	3
12	Профілезгинальні малковочні верстати ПГМ	2
13	Прес електрогідравлічний	2
14	Прес-гармата	2
15	Копіювальньо-згинальний верстат КГЛ-1	1
16	Копіювальньо-згинальний верстат КГЛ-2	2
17	Копіювальньо-згинальний верстат КГЛ-3	3
18	Верстат для фрезерування обшивки ФОЛ	2
19	Копіювальний свердлильно-фрезерний верстат	2
20	Радіальний свердлильно-фрезерний верстат	2
21	Гідравлічні та кривошипні преси зусиллям до 200 т	1
22	Гильйотинні ножиці з довжиною відрізу до 2000 мм	1
23	Гильйотинні ножиці з довжиною відрізу понад 2000 мм	1
24	Профілезгинальні верстати (ПГ-2, ПГ-3, ПГ-4, ПР-1)	1
25	Інше заготівельне устаткування (ТГС-1, ТР-1 тощо)	1
26	Великі преси при застосуванні автоматизації	1...2
27	Преси з двома стояками та частковою автоматизацією	1
28	Преси з двома стояками та повною автоматизацією (автоматичні лінії)	1/3...1/6

$T_M$  – сумарна трудомісткість машинокомплекту на одиницю виробу, год;

$T_{PM}$  – час на перестановку штампів, віднесених до машинокомплекту на даному устаткуванні, год;

$\tau$  – такт роботи лінії, год.

З урахуванням того, що такт роботи потокової лінії визначається виразом

$$\tau = \frac{\Phi_{до}}{N}, \quad (2.3)$$

формула для розрахунку устаткування, що входить до складу потокової лінії, набуде вигляду

$$C_P = \frac{T_{\Sigma} \cdot N}{\Phi_{до} \cdot n} = \frac{T_M N + T_{П}}{\Phi_{до} \cdot n}, \quad (2.4)$$

де  $T_{П}$  – сумарний річний час на переналагодження штампів потокової лінії ( $T_{П} = T_{PM} \cdot N$ ), год.

Середні величини коефіцієнта завантаження за часом для різних груп устаткування та різних типів виробництв подано в табл. 2.3.

Коефіцієнт завантаження устаткування  $K_3$  і середнє завантаження одиниці устаткування в потоковій лінії визначається формулою

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{П}}, \quad (2.5)$$

де  $C_P$  – розрахункова кількість устаткування, шт.;

$C_{П}$  – прийнята кількість устаткування, шт.

Після виконання розрахунку складається зведена відомість устаткування із зазначенням типу устаткування та його технічних характеристик. У табл. 2.4 наведено середні значення коефіцієнтів завантаження устаткування за часом у заготівельно-штампувальних цехах літакобудівних заводів.

Кількість виробничих робітників  $P_P$  визначається виразом

$$P_P = \frac{T \cdot N}{\Phi_{ДР}}, \quad (2.6)$$

де  $T$  – трудомісткість одиниці виробу з урахуванням трудомісткості запчастин за даним видом робіт, год;

$N$  – річна програма випуску виробів, шт.;

$\Phi_{ДР}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу робітника, год.

Найчастіше кількість робітників  $P_P$  визначається за спеціальністю. У цьому випадку необхідно знати трудомісткість за видами робіт. Кількість виробничих робітників певного фаху й розряду визначається формулою



$$P_P = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i N_i)}{\Phi_{ДР} K_{пер} K_B}, \quad (2.7)$$

де  $t_i$  – трудомісткість виготовлення одного виробу за даним видом робіт, год;

$N_i$  – річна програма випуску виробу даного найменування, шт.;

$K_{пер}$  – середній коефіцієнт перерахування норм;

$K_B$  – коефіцієнт багатостатності.

Таблиця 2.3 – Середні коефіцієнти завантаження за часом по групах устаткування

Назва груп устаткування	Дрібно-серійне виробництво	Серійне виробництво	Крупно-серійне виробництво
Устаткування розкрійне	0,80	0,85	0,90
Преси механічні та гідравлічні зусиллям до 315 т	0,80	0,85	0,90
Преси механічні та гідравлічні зусиллям від 316 до 800 т	0,75	0,80	0,85
Преси механічні й гідравлічні зусиллям понад 800 т	0,70	0,75	0,80
Преси гідравлічні для штампування гумою	0,70	0,75	0,80
Преси електрогідравлічні	0,70	0,75	0,80
Прес-гармати гідравлічні	0,70	0,75	0,80
Преси обтяжні	0,70	0,75	0,80
Верстати копіювально-згинальні та профілезгинальні	0,70	0,75	0,80
Молоти листоштампувальні	0,75	0,80	0,85
Молотки виколоточні	0,85	0,87	0,90
Устаткування металорізальне	0,80	0,85	0,90
Установки магнітно-імпульсні	0,70	0,75	0,80
Установки для штампування вибухом	0,70	0,75	0,80
Верстати й плити	0,85	0,90	0,95

Таблиця 2.4 – Середні коефіцієнти завантаження устаткування цехів

Назва цехів	Дрібно-серійне виробництво	Серійне виробництво	Крупно-серійне виробництво
Розкрійно-заготівельний	0,80	0,85	0,90
Дрібного штампування чорних металів	0,80	0,85	0,90
Дрібного штампування кольорових металів	0,80	0,85	0,90
Пресів штампування гумою та витяжних пресів	0,75	0,80	0,85
Обшивок	0,70	0,75	0,80
Листоштампувальних молотів	0,70	0,75	0,80
Профілезгинальний	0,70	0,75	0,80

Розрахунок робітників можна виконувати як за видами робіт, так і по цеху в цілому. Складають зведену відомість виробничих робітників за фахом та розрядами. У відомості необхідно зазначити: назву фаху, трудомісткість на річну програму в людино-годинах, розрахунковий річний фонд робітників, кількість робітників за розрядами.

Після розрахунку необхідної кількості виробничих робітників за нормами технологічного проектування визначають кількість допоміжних робітників, ІТП, ЛКП та МОП у відсотках від чисельності виробничих робітників (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Норми розрахунку допоміжних робітників, ІТП, ЛКП і МОП у відсотках від кількості виробничих робітників

Кількість виробничих робітників	Кількість допоміжних робітників	ІТП	ЛКП	МОП
До 100	80	30	3,5	2
Від 100 до 200	70	25	3	1,5
Від 200 до 400	55	20	2,5	1
Від 400 до 600	40	15	2	0,8

На першій стадії проектування при розробленні технічного проекту виробничу площу заготівельно-штампувальних цехів визначають за питомими нормами виробничої площі на одиницю устаткування (табл. 2.6).

Визначивши кількість устаткування, яке прийнято за технологічним процесом, приступають до визначення виробничих площ цеху й ділянок, які розраховуються для груп устаткування та після розрахунку підсумовуються по ділянці й цеху в цілому.

Виробнича площа  $S_p$ , м<sup>2</sup>, заготівельно-штампувального цеху визначається співвідношенням

$$S_p = \sum_{i=1}^n (C_{пi} S_{пумi}), \quad (8.8)$$

де  $C_{пi}$  – прийнята кількість устаткування  $i$ -го типу, шт.;

$S_{пумi}$  – питома площа на одиницю устаткування  $i$ -го типу, м<sup>2</sup>.

Виробничі площі розраховуються для груп устаткування та після розрахунку підсумовуються по ділянці й цеху в цілому.

Площі допоміжних і складських приміщень цеху слід визначати відповідно до нормативних документів даної галузі.

Визначивши площі виробничого та допоміжного призначення, розраховують площі, необхідні для побутових і конторських приміщень, які визначаються залежно від кількості робітників і службовців, а також норм побутових і конторських площ, що припадають на одну людину.

Загальна площа цеху  $S$ , м<sup>2</sup>, визначається виразом

$$S = \sum_{i=1}^n (C_{пi} S_{пумi}) \cdot \left(1 + \frac{a + b}{100}\right) + S_{\Sigma поб}, \quad (8.9)$$

де  $a, b$  – коефіцієнти, що враховують площі допоміжних і складських приміщень відповідно ( $a = 65 \dots 80\%$ ,  $b = 5 \dots 7\%$  від виробничої площі  $S_p$ );

$S_{\Sigma поб}$  – сумарна площа всіх побутових приміщень і контор ( $S_{\Sigma поб} \approx 3,6\%$  від виробничої площі  $S_p$ ).

#### **2.4. Компонування і планування заготівельно-штампувальних ділянок і цехів**

При розміщенні технологічного комплексу заготівельно-штампувальних робіт виникає низка питань, від вирішення яких залежить економічність проекту, а згодом, можливо, і якість виготовлених деталей.

Таблиця 2.6 – Норми питомих виробничих площ  $S_{пум}$  на одне робоче місце (устаткування, ручні робочі місця)

№ п/п	Назва устаткування	$S_{пум}, м^2$
1	Ножиці листові (довжина різку до 2000 мм)	30
2	Ножиці листові (довжина різку до 5000 мм)	80
3	Ножиці листові (довжина різку до 7000 мм)	120
4	Ножиці роликові вібраційні	20
5	Верстати відрізні, пилки дискові, стрічкові	30
6	Верстати копіювальні свердлильно-фрезерні типу КСФ-1М	150
7	Верстат спеціалізований свердлильно-фрезерний ОС-86	60
8	Верстат спеціальний фрезерний типу ДФ-97	15
9	Преси механічні, гідравлічні (зусилля до 100 т)	20
10	Преси механічні, гідравлічні (зусилля 100...315 т)	30
11	Преси механічні, гідравлічні (зусилля 315...630 т)	70
12	Верстати листозгинальні тривалкові типу КГЛ-1, КГЛ-2	80
13	Верстат листозгинальний тривалковий типу КГЛ-3	220
14	Верстат профілезгинальний розтяжний типу ПГР-6	80
15	Верстат профілезгинальний розтяжний типу ПГР-7	150
16	Верстат профілезгинальний розтяжний типу ПГР-8	300
17	Молоти листоштампувальні (ВПЧ до 2 т)	25
18	Молоти листоштампувальні (ВПЧ від 3 до 5 т)	50
19	Молотки выколочні	20
20	Преси обтяжні гідравлічні типу ОП	130
21	Преси гідравлічні растяжно-обтяжні типу РО	250
22	Преси гідравлічні для штампування-згинання гумою (без насосно-акумуляторних станцій)	250
23	Преси листові кривошипні	45
24	Металорізальне устаткування	15
25	Довідне устаткування	20
26	Верстат фрезерний для оброблення площин штампів	40
27	Камера очищення штампів	30
28	Поворотний стіл для доведення свинцево-цинкових штампів	20
29	Піч для плавлення свинцю, цинку (із заливним плацом)	90
30	Ручні робочі місця, крім цехів профілезгинального та обшивок	10
31	Ручні робочі місця в цехах профілезгинальному та обшивок	20
32	Землепідготовче пристосування	50

До таких визначальних питань слід зараховувати:

- варіанти розташування заготівельно-штампувальних цехів;
- розташування складу кольорових металів;
- розташування цеху централізованого розкрою;
- зв'язок заготівельно-штампувального комплексу з термічним цехом кольорових металів;
- місце комплексу на генеральному плані заводу, зв'язок заготівельно-штампувальних цехів з агрегатно-складальними цехами;
- збирання та перероблення відходів.

Заготівельно-штампувальні цехи на генеральному плані заводу можуть розміщуватися за такими варіантами:

1. При суцільній забудові генерального плану – у певній зоні корпусу-блоку.

2. При павільйонній забудові – в одному окремо розміщеному корпусі, призначеного для розміщення тільки даного технологічного комплексу.

3. У декількох корпусах – за технологічними ознаками.

Так, наприклад, штампування дрібних сталевих деталей може виконуватися в розкрійно-заготівельному цеху або може бути виділено в самостійний цех дрібного штампування, який зазвичай розміщується в корпусі слюсарно-зварювальних цехів.

Цех листоштампувальних молотів компонується в окремому корпусі разом з відділенням свинцево-цинкових штампів.

Гідропреси, обтяжні преси, а також профілезгинальні верстати намагаються розташувати в корпусі агрегатно-складальних цехів або в корпусі, розміщеному окремо, який у цьому варіанті й становить головну основу просторового розміщення заготівельно-штампувального виробництва.

Аналіз просторового розміщення цехів на генеральному плані заводу показує, що перший варіант компонування – розміщення заготівельно-штампувального комплексу при суцільній забудові генерального плану в корпусі-блоці є найкращим. При такому розміщенні вдається розв'язати всі питання, від яких залежить організація виробництва не тільки в цих цехах, але й на заводі в цілому, тому що з'являється можливість створення оптимальної системи безперервного потоку заготовок і деталей у просторі. В цьому випадку кольоровий метал надходить на загальнозаводський склад кольорових металів, що примикає до цехів-споживачів. Листи, профілі й труби доставляються залізницею або автомобільним транспортом, звільняються від тари, проходять розконсервацію та направляються на зберігання.

Для здійснення проміжних операцій термічної обробки заготовок і готових деталей термічний цех кольорових металів необхідно територіально розташовувати в зоні цехів, що обслуговуються ними.

У складі технологічного комплексу важливо також мати цех анодування, ґрунтування та фарбування деталей великих габаритів.

Усі ці цехи під час технологічного процесу мають примикати до агрегатно-складальних цехів – основних споживачів деталей, виготовлених у заготівельно-штампвальних цехах.

Таким чином, знаходження кращого варіанта забезпечення пресових цехів заготовками, а також кращого варіанта вантажопотоків деталей через основні й проміжні операції аж до доставки їх у цехи-споживачі, тобто в агрегатно-складальні цехи, є основним завданням при компонуванні цехів на генеральному плані заводу. Блок-корпус забезпечує умову, коли всі пункти відправлення, призначення й, нарешті, межопераційна передача деталей можуть бути пов'язані між собою єдиною системою транспорту з можливим переходом надалі до автоматичного переміщення вантажів, особливо в тих випадках, коли необхідно транспортувати обшивки великих габаритів і маси.

Другий варіант компонування, що припускає розміщення заготівельно-штампвальних цехів в одному корпусі, розміщеного окремо, має в основному ті ж переваги при одному істотному недоліку: окремо розміщений корпус може бути віддалений від цехів-споживачів – агрегатно-складальних цехів. Це ускладнює виробничі зв'язки цехів, що неминуче призводить до створення комплектувальних складів на території агрегатних цехів, потребує додаткового транспорту, ускладнює й перешкоджає створенню єдиної системи підлогового або підвісного транспорту.

Третій варіант розташування заготівельно-штампвальних цехів у декількох корпусах, розосереджених по всій території заводу, найбільш невдалий. Розосередження заготівельних цехів у різних корпусах різко погіршує забезпечення деякої частини з них заготовками, подовжує пробіги транспорту, ускладнює зв'язок цих цехів з термічними цехами, цехами захисних покриттів, може різко погіршити якість продукції через змушені перевезення частини деталей вулицею без належної консервації та упакування.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що найбільш раціональним є розміщення заготівельно-штампвальних цехів у корпусі-блоці з примиканням, з одного боку, складу кольорових металів, з іншого – агрегатно-складальних цехів із заходом заготовок і готових деталей у термічний цех, цех анодування й фарбування.

Усі заготівельно-штампувальні цехи можуть розміщатися в промислових будівлях з сіткою колон 18×12 м, з висотою до нижнього пояса ферм 8,4 м, і тільки ділянки гідропресів, витяжних пресів і цехи листоштампувальних молотів потребують висоти до затягування ферм 10,8...12,6 м. При цьому цехи гідравлічних пресів і обшивок слід розміщати в прольоті 24 м. Однак з метою уніфікації сіток колон і висоти корпусів цехи централізованого розкрою, склади кольорових металів і заготівельно-штампувальні цехи, особливо при блокуванні будівель, слід розміщувати в зонах промислових будівель з сіткою колон 24×12 м, з висотою до нижнього пояса ферм 10,8 м.

Характеристики рекомендованих сіток колон і вантажопідйомність кранового обладнання подано в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Ширина та висота прольотів і вантажопідйомна сила кранового обладнання заготівельно-штампувальних цехів

Назва цехів	Ширина прольоту, м		Висота до нижнього пояса ферм, м		Вантажопідйомна сила кранового обладнання, т	
	18	24	10,8	12,6	1	2
Розкрійний цех	18	24	8,4		1	
Цех профілів	18	24	8,4		3	5
Цех труб	18	24	8,4		1	2
Цех листоштампувальних молотів і витяжних пресів	24		10,8		5	10
Цех гідравлічних пресів	24		10,8	12,6	5	10
Цех обшивок	18		8,4		5	10
Цех дрібного штампування	18		7,2		3	5
Ділянка штампування вибухом	18		10,8	12,6	10	50

Заготівельно-штампувальні цехи мають свої особливості: чисельність устаткування; великі габарити пресів і агрегатів для формотворення деталей; наявність великої кількості й значних габаритів штампів та обтяжних пуансонів і болванок; багатосортність початкових матеріалів і заготовок (листи, профілі, труби); великі габарити заготовок і деталей, які потребують місця для міжопераційного складування; мала жорсткість деталей навіть після формотворення.

При плануванні устаткування слід керуватися нормами технологічного проектування. На рис. 2.1 – 2.8 і в табл. 2.8 – 2.11 наведено схеми розміщення устаткування заготівельно-штампувальних цехів і норми відстані між ними та елементами споруд.

Як приклад на рис. 2.9, 2.10 наведено варіанти планувань деяких заготівельно-штампувальних цехів.

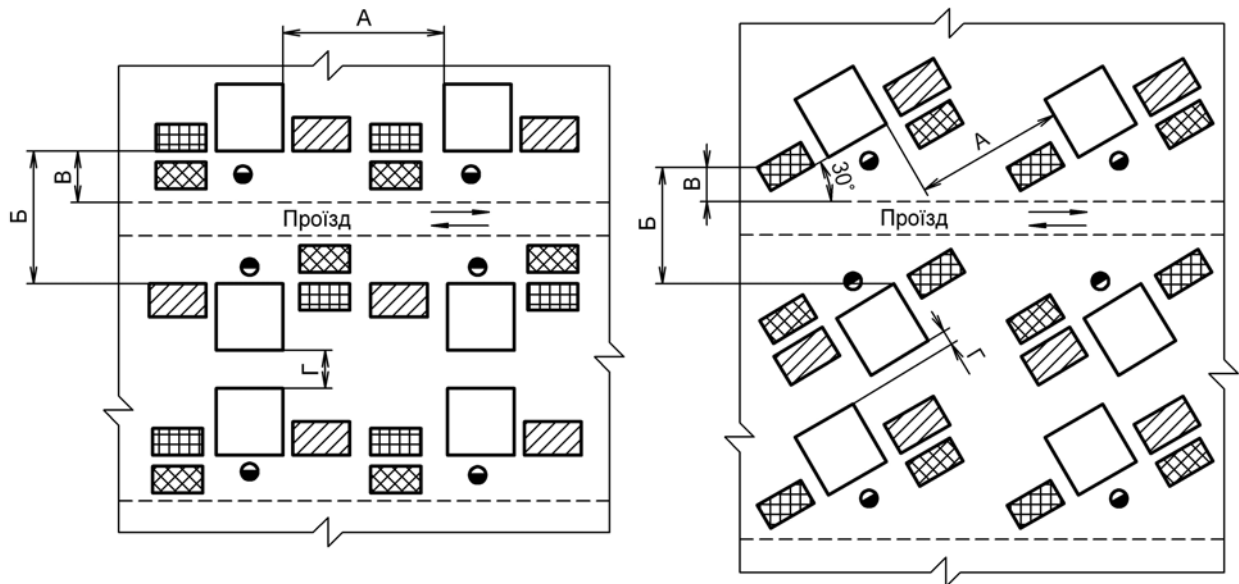


Рисунок 2.1 – Параметри розміщення механічних пресів (табл. 2.8)

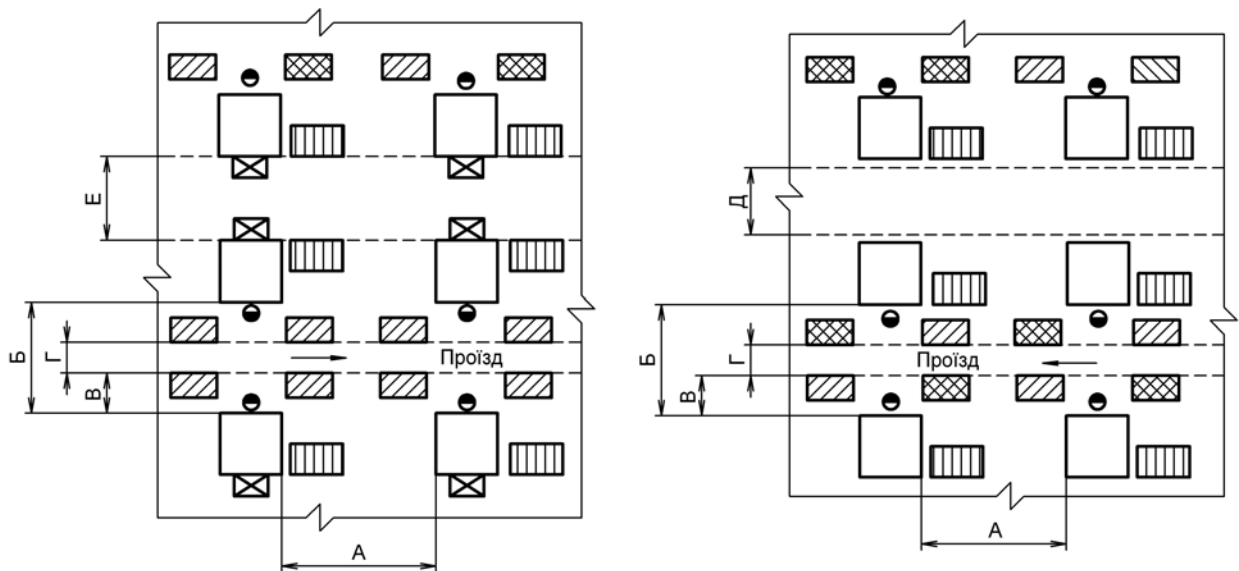


Рисунок 2.2 – Параметри розміщення механічних пресів або листоштампувальних молотів (табл. 2.8)



Таблиця 2.8 – Норми відстаней при розміщенні механічних пресів або листоштампувальних молотів

Модель устаткування або зусилля	Норми відстаней від типу устаткування, м					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Параметри розміщення механічних пресів (рис. 2.1)						
До 40 т	2,0	2,5...3,0	0,8...1,0	0,6	–	–
Від 40 до 100 т	2,5...3,0	3,0...4,0	1,0...1,3	0,8	–	–
Параметри розміщення механічних пресів (рис. 2.2)						
Від 63 до 100 т	1,0...1,5	3,0...3,5	0,8...1,0	1,3...1,5	2,6...3,5	2,0...2,5
Від 125 до 250 т	1,5...2,0	5,0...6,0	1,5...2,0	2,0	3,5	2,5...3,0
Від 315 до 630 т	1,5...2,0	6,0...7,0	2,0...2,5	2,0	3,5...4,0	3,5...4,0
Від 630 до 800 т	2,5...3,0	7,5...8,5	2,5...3,0	2,5	4,0	4,0
Понад 800 т	3,0...4,0	–	3,0...4,0	2,5	5,0	4,0
Параметри розміщення листоштампувальних молотів (рис. 2.2)						
МЛ-0,8	2,0	4,0	1,3	1,5	3,6	4,0
МЛ-1,5	2,5	4,0	1,3	1,5	4,0	4,0
МЛ-3	4,0	4,5	1,5	1,5	5,0	4,0
МЛ-5	5,0	6,0	2,0	2,0	6,0	4,0

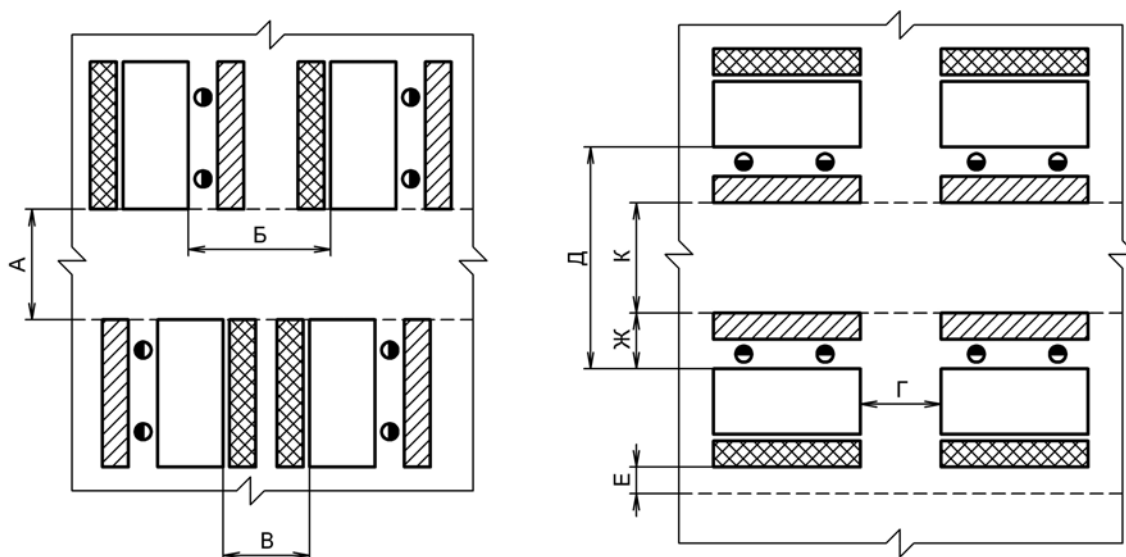


Рисунок 2.3 – Параметри розміщення листових гільйотинних ножиць (табл. 2.9)

Таблиця 2.9 – Норми відстаней при розміщенні листових гільйотинних ножиць (рис. 2.3)

Довжина листа, який розрізається	Норми відстаней від типу устаткування, м							
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К
1...2 м	0,8...4,0	3,0...3,5	1,2...1,5	0,8...1,0	4,5...5,5	1,3	1,5...2,0	1,5
3 м	1,0	5,0	2,5	1,0	8,5	1,5	3,0	2,5
5 м	1,5	6,0	3,0	1,5	8,5	1,5	3,0	2,5
7 м	1,5	7,0	3,5	1,5	8,5	1,5	3,0	2,5

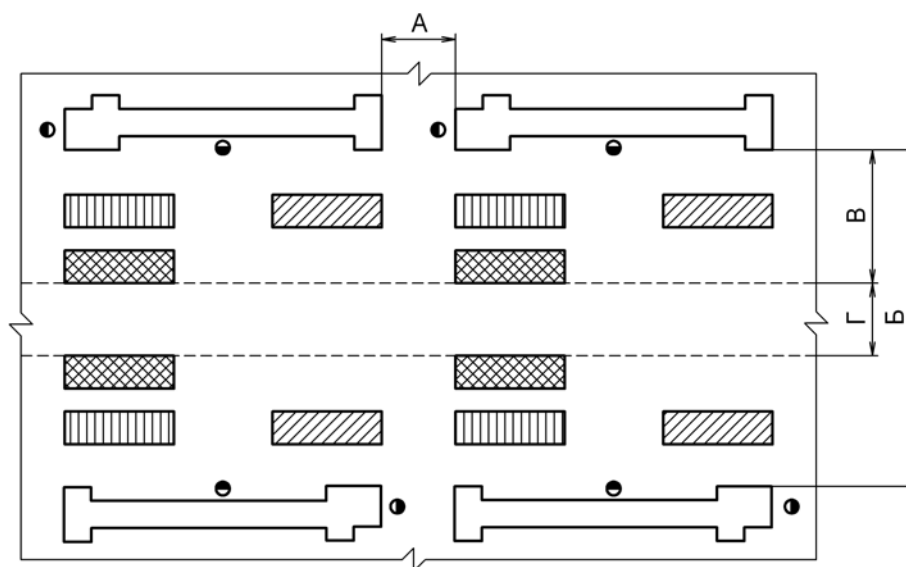


Рисунок 2.4 – Параметри розміщення листозгинальних тривалкових верстатів (табл. 2.10)

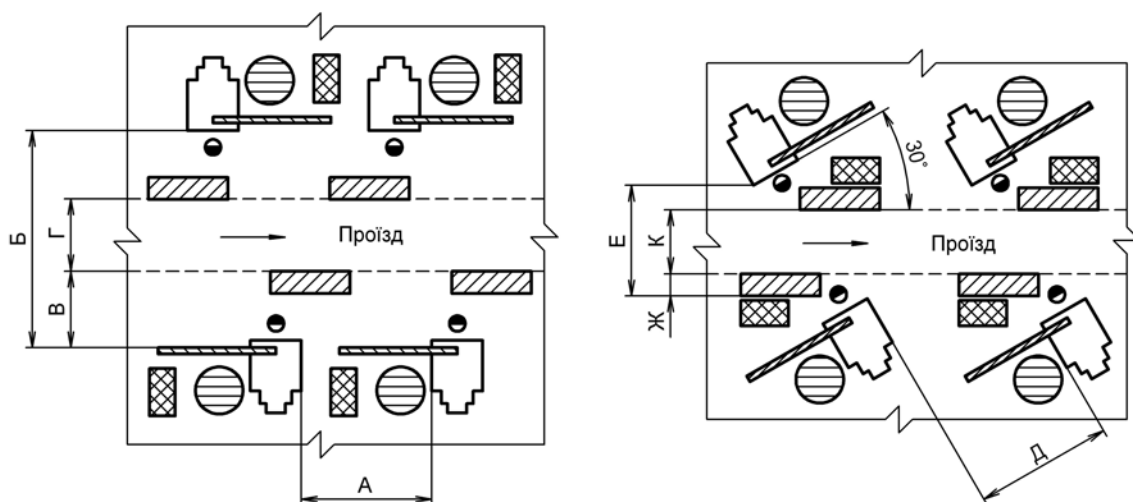


Рисунок 2.5 – Параметри розміщення профілезгинальних роликкових верстатів (табл. 2.10)

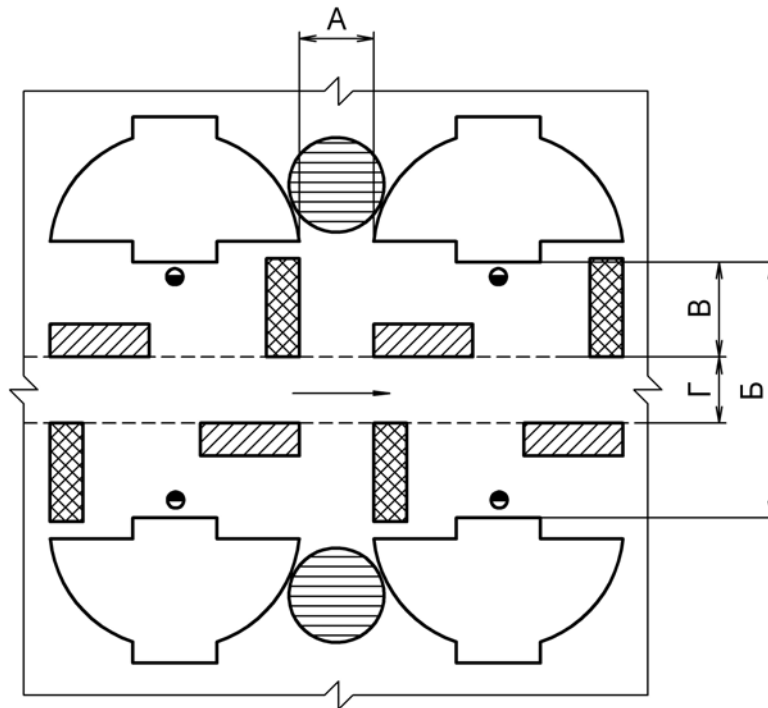


Рисунок 2.6 – Параметри розміщення профілезгинальних розтяжних верстатів (табл. 2.10)

Таблиця 2.10 – Норми відстаней при розміщенні листозгинальних і профілезгинальних верстатів

Модель верстата	Норми відстаней від типу устаткування, м							
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К
Параметри розміщення листозгинальних тривалкових верстатів (рис. 2.4)								
КГЛ-1М	2,0	10,5	4,0	2,5	–	–	–	–
КГЛ-2	2,5	10,5	4,0	2,5	–	–	–	–
КГЛ-3	3,0	10,5	4,0	2,5	–	–	–	–
Параметри розміщення профілезгинальних роликкових верстатів (рис. 2.5)								
ПГ-3, ПГ-4	2,5...3,0	4,1	1,3	1,5	2,0...2,5	3,1...3,5	0,8...1,0	1,5
ПГ-5, ПГ-6	3,0...4,0	4,5	1,5	1,5	2,5...3,5	3,5...4,5	1,0...1,5	1,5
Параметри розміщення профілезгинальних розтяжних верстатів (рис. 2.6)								
ПГР-6	2,0	6,0	2,0	2,0	–	–	–	–
ПГР-7	2,5	10,0	4,0	2,0	–	–	–	–
ПГР-8	3,0	10,0	4,0	2,0	–	–	–	–

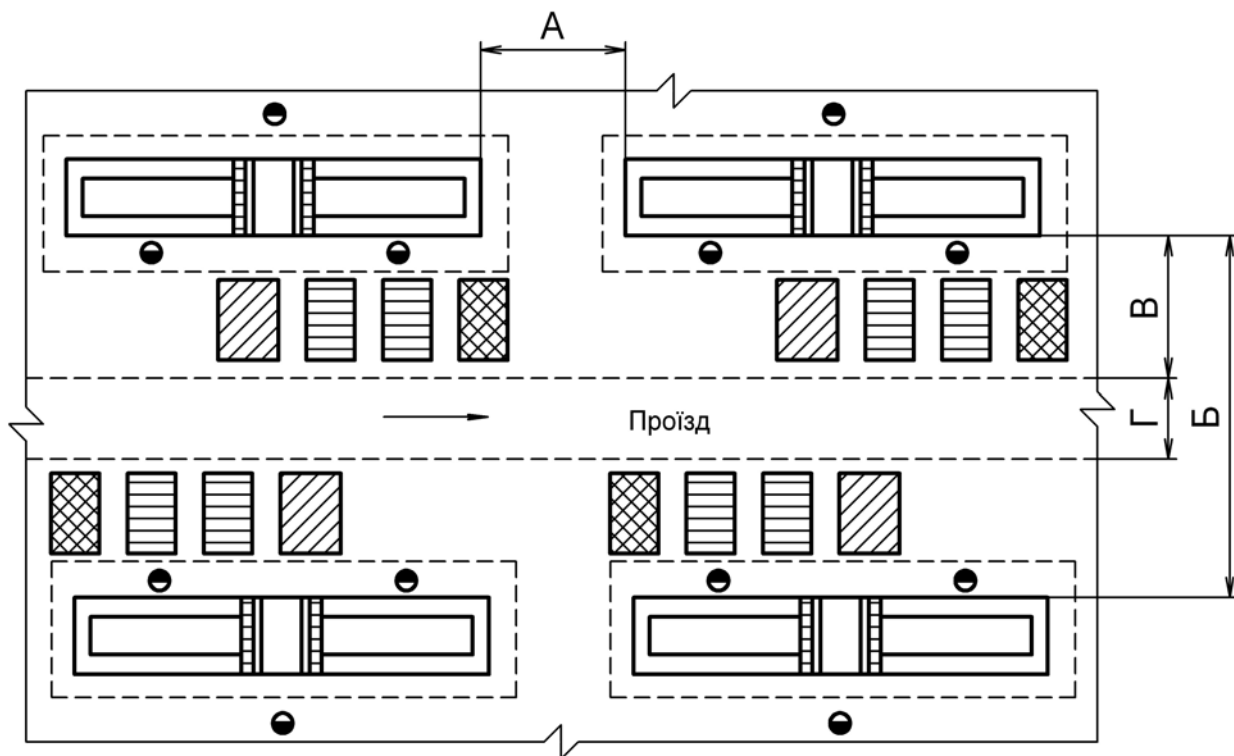


Рисунок 2.7 – Параметри розміщення розтяжних пресів  
(табл. 2.11)

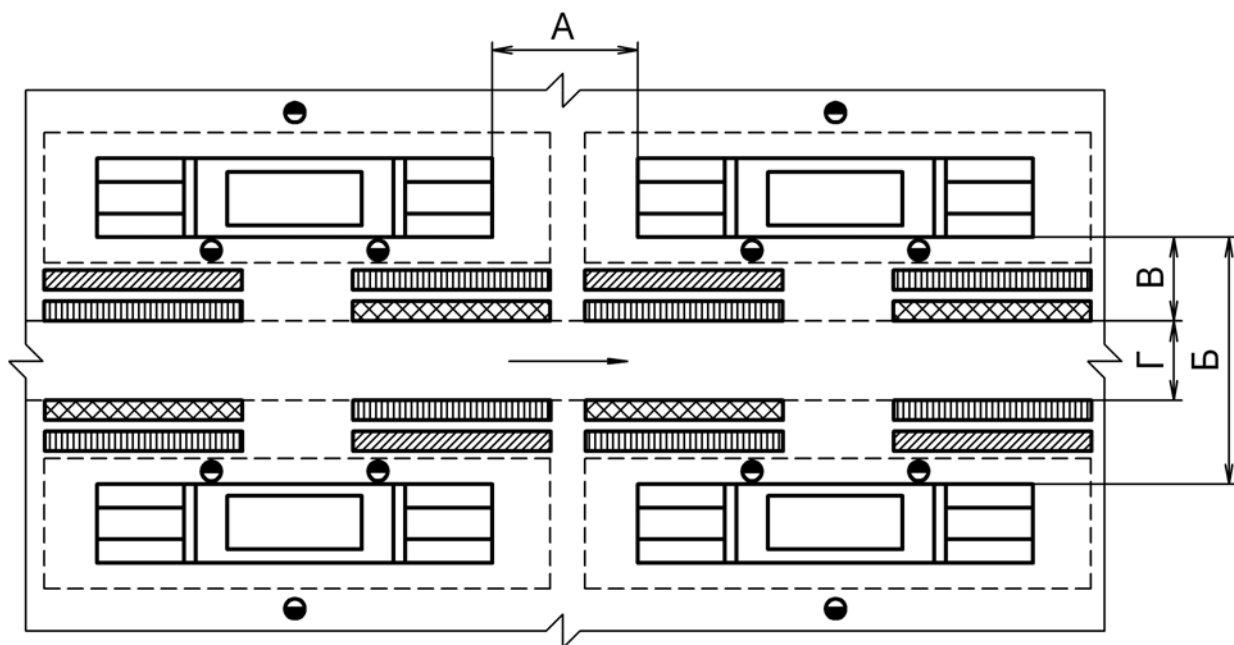


Рисунок 2.8 – Параметри розміщення обтяжних пресів  
(табл. 2.11)

Таблиця 2.11 – Норми відстаней при розміщенні розтяжних та обтяжних пресів

Модель устаткування	Норми відстаней від типу устаткування, м			
	А	Б	В	Г
Параметри розміщення розтяжних пресів (рис. 2.7)				
РО-1, РО-2М	3,0	11,5	4,5	2,5
РО-3М	4,5	13,5	5,5	2,5
РО-5А	4,5	11,5	4,5	2,5
Параметри розміщення обтяжних пресів (рис. 2.8)				
ОП-2	8,0	5,5	1,5	2,5
ОП-3	2,0	11,5	4,5	2,5
ОП-5К	4,5	9,5	3,5	2,5

На рис. 2.9 показано варіант планування устаткування в цеху гідропресів та обшивки. На нижній частині схеми цеху зображено відділення копіювально-згинальних верстатів КГЛ-1М и КГЛ-2М, другий проліт – проліт обтяжних пресів типу ОП-3, третій проліт – розтяжно-обтяжних пресів РО-1М, у четвертому прольоті розміщено гідравлічні преси. Прольоти цеху оснащено мостовими електричними кранами з вантажопідйомністю 5 т.

На рис. 2.10 показано планування профілезгинального цеху. У прольоті праворуч встановлено профілезгинальні верстати ПГР-6, у другому прольоті розміщено вертикально-фрезерні, горизонтально-фрезерні й універсально-фрезерні верстати, у цьому ж прольоті розміщено кривошипні преси та довідні робочі місця, у третьому й останньому прольотах встановлюється згинальне устаткування – згинальні преси та столи для ручних робіт. Відділення профілезгинальних верстатів обладнане опорним краном вантажопідйомністю 5 т.

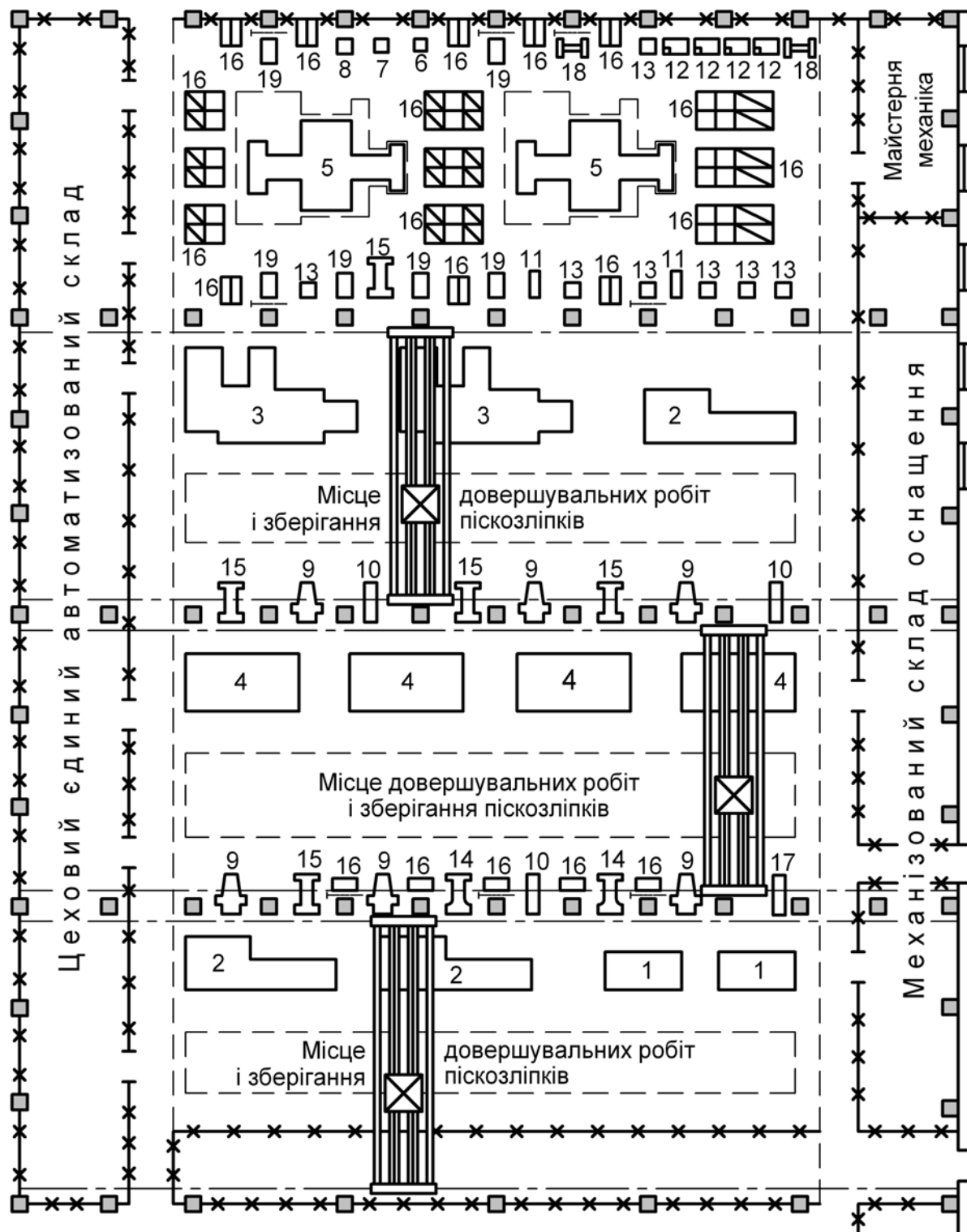


Рисунок 2.9 – Типове планування цеху гідропресів та обшивки:

- 1, 2 – копіювально-згинальні верстати; 3 – розтяжно-обтяжний прес; 4 – обтяжний прес; 5 – гідравлічний прес; 6, 7, 8 – кривошипні преси; 9 – роликові ножиці; 10 – вібраційні ножиці; 11 – важільні ножиці; 12 – свердлувальний верстат; 13 – посадочний верстат; 14, 15 – виколоточні молоти; 16 – верстати; 17 – тривалковий верстат; 18 – наждачне точило; 19 – плита для правки

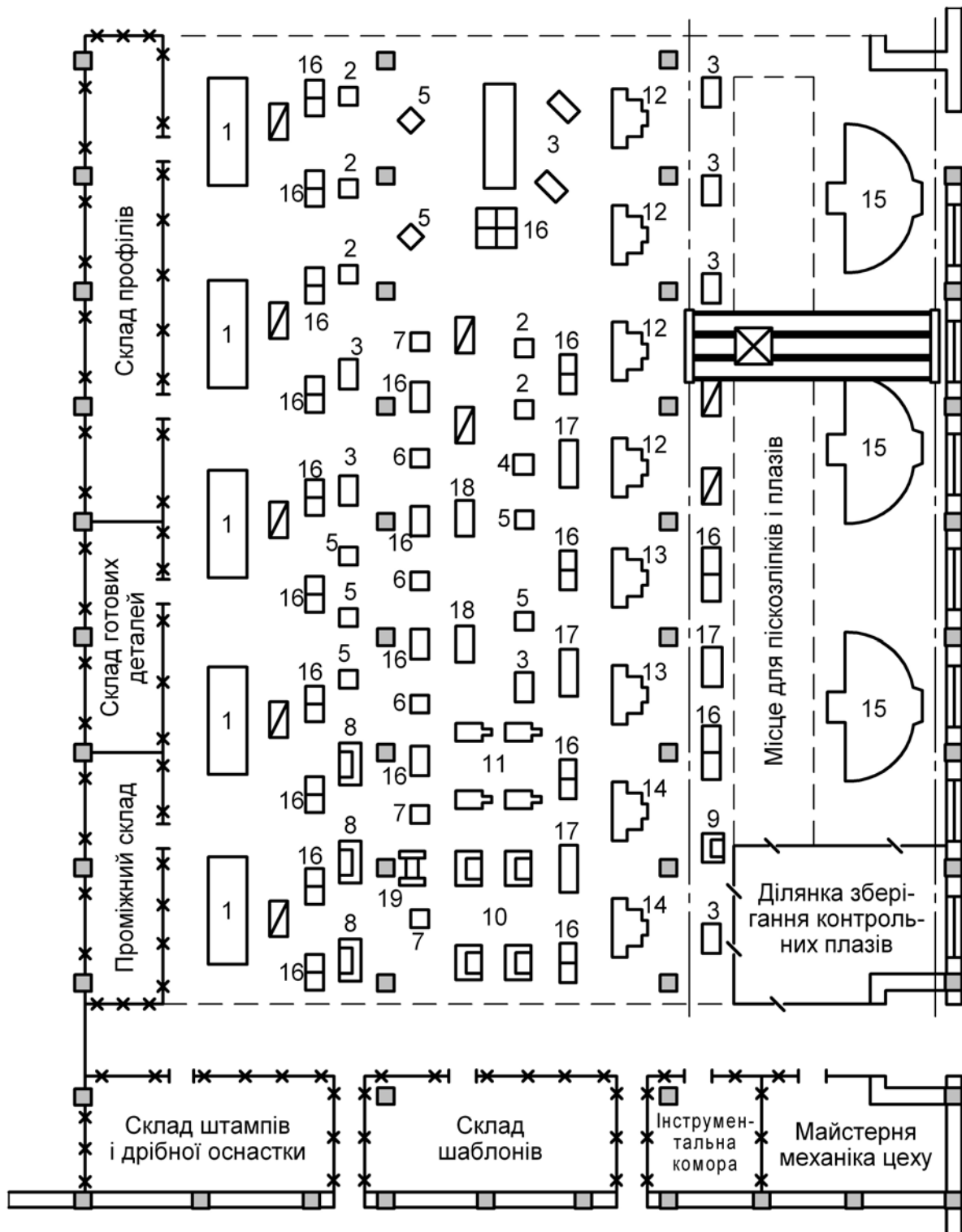


Рисунок 2.10 – Типове планування профілезгинального цеху:

1 – згинальний прес; 2 – підкатний верстат; 3 – пила маятникова; 4 – пила дискова; 5, 6, 7 – кривошипні преси; 8, 9, 10 – свердлувальні верстати; 11 – посадочний верстат; 12 – вертикально-фрезерний верстат; 13 – горизонтально-фрезерний верстат; 14 – універсально-фрезерний верстат; 15 – профілезгинальний верстат; 16 – верстаки; 17, 18 – плити для правки; 19 – наждачне точило

### **3. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ЦЕХІВ**

#### ***3.1. Призначення, склад і характеристика механічних ділянок і цехів***

Значна кількість деталей літальних апаратів проходить через механообробні цехи.

В основі проектування механічних цехів літакобудівного заводу лежать принципи класифікації деталей літака, які оброблюються на металорізальних верстатах. Можна виділити такі основні класифікаційні ознаки, за якими підрозділяються деталі:

- спільність технологічних процесів;
- габаритні розміри;
- маса;
- конструкційний матеріал.

Стосовно до класів і груп деталей, а також виходячи з принципів спеціалізації авіаційного виробництва та спеціалізації цехів, що входять до складу авіаційного заводу, механічні цехи можна проектувати як предметні цехи, призначенням яких є виготовлення закінчених механічних агрегатів систем літака, як цехи подетальної спеціалізації, завданням яких є виготовлення закінчених деталей – фітинги рознімань, стрингерів, профілів, а також як цехи стадійної (технологічної) спеціалізації – спеціалізації за однорідними технологічними процесами, окремими етапами виготовлення складних продуктів праці (механічні цехи магнієвих деталей, цехи монолітних панелей тощо).

Подетальний і технологічний принципи спеціалізації механічних цехів дають можливість широко використовувати принципи групової обробки деталей.

Предметно-агрегатні цехи будуються за принципом виготовлення закінченого агрегату. Типовими представниками таких цехів є цехи пневмо- та гідроарматури систем літака, цехи гідроагрегатів, цехи спеціального обладнання літаків. У складі таких цехів мають передбачатися не тільки механічні ділянки, але й слюсарні ділянки для доробки деталей, а також відділення складання й випробування вузлів та агрегатів літака.

Усі цехи літакобудівного заводу, що входять до складу комплексу механічних і механоскладальних цехів, поділяють залежно від призначення цеху, номенклатури деталей та вузлів, що виготовляються в ньому, їхніх габаритних розмірів і вагових характеристик на три типи:



1. *Цехи дрібних деталей* – механоскладальний цех гідропневмопаливних вузлів і арматур.

2. *Цехи середньогабаритних деталей:*

- механічний цех середніх і дрібних сталевих деталей;
- механічний цех середніх і дрібних деталей з алюмінієвих сплавів;
- механоскладальний цех гідравлічних агрегатів;
- механоскладальний цех механізмів і вузлів управління.

3. *Цехи великогабаритних деталей:*

- механічний цех великих деталей;
- механічний цех деталей з магнієвих сплавів;
- механічний цех монолітних панелей і довгомірних профілів.

Ці вісім класифікаційних підгруп деталей, що виготовляються механічною обробкою, можна поділити на дві великі категорії:

1. Специфічні деталі, оброблення яких здійснюється за принципом зв'язаного виготовлення за носієм жорстких форм і розмірів.

2. Деталі, виготовлені за принципом незалежного виробництва, тобто з використанням звичайної системи допусків і посадок.

Як приклад виробничо-технологічної структури механічного цеху можна розглянути цех монолітних панелей і довгомірних профілів.

Цех виконує механічну обробку монолітних панелей з ковано-катаних розтягнутих заготовок і точних штампувань, великогабаритних шпангоутів зі штампованих заготовок, плоских деталей з листа та штамповок, довгомірних деталей з пресованих профілів. У довгомірних заготовок обробляються полки по площині й контуру, ребра по товщині й висоті (з постійними або змінними перерізами), підсічки й малки. При проектуванні технологічних процесів оброблення панелей необхідно передбачати найбільш досконалі заготовки з максимальним коефіцієнтом використання матеріалів, що приводить до значного зниження трудомісткості, зменшення кількості необхідного устаткування та виробничих площ.

Цех панелей і довгомірних профілів оснащується спеціалізованим фрезерним устаткуванням з програмним управлінням типу: ПФП-1; ФП-17; ФП-7; ФП-9М; ПФП-5С; подовжньо-копіювально-фрезерними типу ПКФ-8 (ПКФ-12, ПКФ-16, ПКФ-20), КУ-221; горизонтально- та вертикально-фрезерними типу 6Н82Г, 6М13ПБ, радіально-свердлильними й іншими верстатами.

Для виправлення заготовок і деталей у процесі оброблення застосовуються гідропresi потужністю 100...250 т і розкруточні стенди потужністю 100...250 кг. Зачищення й полірування поверхонь деталей

виконується у спеціально ізольованому приміщенні, в якому забезпечені умови з очищення повітря й видалення абразивного й металевого пилю.

Необхідно передбачати найбільш ефективні заходи щодо здешевлення обробки – зменшення кількості зачисних й полірувальних операцій.

При механічній обробці панелей та інших деталей утворюється велика кількість елементоподібної стружки, видалення якої з цеху або корпусу потребує проектування засобів механізації.

Комплекси механічних і механоскладальних цехів мають у своєму складі допоміжні відділення, склади, конторські приміщення та побутові служби.

### ***3.2. Вихідні дані й особливості проектування механічних ділянок і цехів***

Підставою для розроблення проекту комплексу механічних і механоскладальних цехів є завдання на проектування. Вихідними даними для виконання проекту є:

- розцеховочна відомість усіх деталей, що виготовляються в цеху, з робочими кресленнями на типові деталі;
- складений на підставі розцеховочної відомості класифікатор цих деталей;
- директивний технологічний процес, технічні умови на виготовлення деталей, складання вузлів і випробування окремих агрегатів (шасі, арматури, циліндрів управління тощо);
- програма випуску та зведені норми витрат матеріалів на виріб;
- робочий технологічний процес на типові деталі з нормами часу й відсотками перевиконання норм;
- відомість вузлів і деталей, які постачаються з інших місць.

Особливості проектування механічних цехів літакобудівних заводів:

- велика номенклатура деталей;
- велика номенклатура устаткування та велика їх кількість;
- велика кількість відходів (стружки);
- труднощі організації потокового виробництва через велику програму випуску та велику різноманітність робіт;
- труднощі визначення трудомісткості на стадії проектування.

Основою для проектування механічного цеху є програма цеху. Програма являє собою всю номенклатуру деталей, що обробляються в даному цеху, із зазначенням їхньої кількості, матеріалу й маси. Програма може бути:

- точною – якщо відомі всі дані по деталях (кількість, матеріал і маса), є робочі креслення й технічні умови на їх виготовлення;
- умовною – якщо немає робочих креслень деталей і вибирається умовний представник цих деталей;
- зведеною – якщо всю програму зведено до одного або декількох представників деталей, для яких розроблена маршрутна технологія.

### 3.3. Розрахунок кількості устаткування, робітників і площі механічних ділянок і цехів

До основного устаткування механічних цехів належать всі види виробничого устаткування (металорізальне, мийне тощо), на яких виконуються операції технологічних процесів виготовлення деталей.

Для розрахунку кількості устаткування в цеху (на ділянці), яке проектується, необхідно мати річний обсяг випуску деталей і розроблений технологічний процес по кожному найменуванню деталей, що виготовляються.

При проектуванні ділянок (цехів) серійного виробництва кількість основних верстатів визначається по кожному типу устаткування для кожної ділянки на основі даних про сумарну верстатомісткість виготовлення деталей. Розрахункову кількість верстатів  $C_p$  визначають за формулою

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n T_{C_i}}{\Phi_{до}}, \quad (3.1)$$

де  $T_{C_i}$  – річна верстатомісткість виготовлення річної кількості деталей на  $i$ -му верстаті, год;

$\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування (обладнання), год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}$ ;

$m$  – кількість змін роботи.

Кількість основного  $C_p$  устаткування, необхідного для ділянки, розраховують для кожного типу або моделі верстата виходячи з сумарної річної верстатомісткості обробки всіх операцій, що виконуються на верстатах певної моделі:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (t_{шт-к_{i,j}} N_i)}{60 \cdot \Phi_{до}}, \quad (3.2)$$

де  $t_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час на виконання  $j$ -ї операції з виготовлення  $i$ -ї деталі, хв;

$N_i$  – річний обсяг випуску  $i$ -х деталей, шт.;

$n$  – кількість різних деталей, що обробляються на верстатах певної моделі, шт.;

$m$  – кількість операцій обробки  $i$ -ї деталі на верстатах певної моделі, шт.;

$\Phi_{до}$  – дійсний річний фонд часу роботи устаткування відповідно до прийнятого режиму роботи цеху, год.

Прийняту для цеху або ділянки кількість верстатів  $C_{п}$  визначають округленням розрахункової кількості верстатів  $C_{р}$  до найближчого більшого цілого числа.

Відношення розрахункової кількості устаткування до прийнятої дає коефіцієнт завантаження устаткування за часом  $K_3$ :

$$K_3 = \frac{C_{р}}{C_{п}}, \quad (3.3)$$

де  $C_{р}$  – розрахункова кількість устаткування, шт.;

$C_{п}$  – прийнята кількість устаткування, шт.

Знаючи коефіцієнт завантаження устаткування за часом по кожному виду устаткування, можна визначити середнє значення коефіцієнта завантаження верстатів в цеху або ділянці:

$$K_{3сер} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{рi}}{\sum_{i=1}^n C_{пi}}. \quad (3.4)$$

Рекомендовані коефіцієнти завантаження устаткування механообробних цехів наведено в табл. 3.1.

У механічних цехах до основних (виробничих) належать робітники, які зайняті безпосередньо на операціях технологічного процесу, таких професій: верстатники, оператори та наладчики автоматичних ліній, розмітники, слюсарі з проміжних слюсарних робіт, мийники деталей тощо.

При укрупнених розрахунках загальну кількість робітників  $P_{р}$  можна визначати без розподілу за спеціальностями:

$$P_{р} = \frac{T \cdot N}{\Phi_{др} \cdot K_{б}}, \quad (3.5)$$

де  $T$  – трудомісткість виготовлення виробу з урахуванням запасних частин, год.;

$N$  – річна програма випуску виробу, шт.;

$\Phi_{др}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу робітника, год.;

$K_{б}$  – коефіцієнт багатOVERстатності, тобто кількість верстатів, що обслуговуються одним робітником.

Таблиця 3.1 – Середні коефіцієнти завантаження устаткування в цехах літакобудівних заводів

Назва цеху	Коефіцієнт завантаження устаткування	
	Дрібносерійне виробництво	Серійне виробництво
Цех гідро- та пневмоагрегатів	0,72	0,86
Цех великих механічних вузлів (лонжеронів, великих фітінгів)	0,75	0,82
Цех дрібних і середніх вузлів	0,75	0,85
Цех механічної обробки деталей з магнієвих сплавів	0,75	0,85
Цех профілів	0,78	0,86

Кількість робітників-верстатників можна визначити або за трудомісткістю механічного оброблення з урахуванням суміщення фаху і багатостатного обслуговування, або за кількістю виробничого устаткування. Для того щоб визначити загальну кількість виробничих робітників в цеху або ділянці, зайнятих на нормованих роботах, необхідно визначити їхню кількість за кожним кваліфікаційним розрядом окремо та за кожним фахом, передбаченими при проектуванні цеху.

Кількість виробничих робітників  $P_P$  за кількістю верстатів розраховують за формулою

$$P_P = \frac{\Phi_{до} \cdot C_{п} \cdot K_3}{\Phi_{др} \cdot K_Б}, \quad (3.6)$$

де  $\Phi_{др}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування (верстата), год;

$C_{п}$  – кількість прийнятих верстатів, шт.;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження устаткування за часом.

Коефіцієнт багатостатного обслуговування  $K_Б$  залежить від величини завантаження верстатів по операціях, тривалості машинного часу операцій, виконаних на суміжних верстатах, ступеня автоматизації верстатів, розташування верстатів і рівня суміщення фаху верстатників. Значення коефіцієнта  $K_Б$  для деяких верстатів наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта багатостатності для різних типів верстатів

Група верстатів	Коефіцієнт багатостатності
Універсальні токарні, револьверні, фрезерні (дрібні та середні) свердлильні, протяжні, поперечні, стругальні (дрібні та середні), довбальні, круглошліфувальні та плоскошліфувальні	1
Токарські багаторізцеві, токарні напівавтомати	1,5...2
Багатошпindelні автомати	2...3
Одношпindelні автомати, зубостругальні	3...4
Зубодовбальні та зубофрезерні	4...5
Верстати з числовим програмним керуванням	2...3

Прийняту кількість виробничих робітників визначають округленням отриманого його розрахункового значення  $P_p$  до найближчого більшого цілого числа.

При великих значеннях машинно-автоматичного часу один робітник отримує можливість одночасно обслуговувати декілька однотипних або навіть різнотипних верстатів. Багатостатне обслуговування значно підвищує продуктивність праці порівняно з одноверстатним обслуговуванням.

Загальну кількість допоміжних робітників прийнято визначати у відсотках від кількості виробничих робітників.

У зв'язку із впровадженням автоматичних ліній, автоматів і напівавтоматів питома вага кількості допоміжних робітників збільшується. Для підвищення точності розрахунку потужних цехів кількість допоміжних робітників необхідно визначати за окремими категоріями. Кількість транспортних робітників розраховується залежно від ступеня механізації транспортних операцій.

У табл. 3.3 наведено норми кількості допоміжних робітників, ІТП, ЛКП і МОП у механічних цехах літакобудівних заводів залежно від кількості виробничих робітників.

Перед розробленням компонування та планування цеху його площа визначається за укрупненими показниками – питомої площі на один верстат.

Таблиця 3.3 – Норми кількості допоміжних робітників, ІТР, ЛКП і МОП у відсотках від кількості виробничих робітників

Назва цеху	Кількість виробничих робітників	Кількість допоміжних робітників	ІТР	ЛКП	МОП
Механічні цехи: панелей, стрингерів, деталей з магнієвих сплавів тощо	До 200	55	25	3	1,5
	До 400	50	20	2,5	1
	Понад 400	45	15	2	0,8
Автоматно-револьверні цехи та цехи дрібних деталей	До 100	80	25	3,5	2
	До 200	70	20	3	1,5
	До 400	60	15	2,5	1
	Понад 400	50	12	2	0,8
Механоскладальні цехи: арматури, гідроагрегатів	До 100	65	30	3,5	2
	До 200	55	25	3	1,5
	До 400	45	20	2,5	1
	Понад 400	40	15	2	0,8

Виробничу площу  $S_P$ , м<sup>2</sup>, цеху визначають за формулою

$$S_P = \sum_{i=1}^n (C_{Pi} S_{num_i}), \quad (3.7)$$

де  $C_{Pi}$  – прийнята кількість устаткування  $i$ -го типу, шт.;

$S_{num_i}$  – питома площа на одиницю встаткування  $i$ -го типу, м<sup>2</sup>.

Питомі площі на одиницю основного металорізального устаткування механічних цехів літакобудівних заводів наведено в табл. 3.4.

Допоміжну, складську й інші площі визначають за нормативними документами галузі та коректують плануванням цеху.

Після визначення площі виробничого та допоміжного призначення розраховують площі, необхідні для побутових і конторських приміщень, які визначаються залежно від кількості робітників і службовців, а також норм побутових і конторських площ, що припадають на одну людину.

Уся площа цеху  $S$ , м<sup>2</sup>, визначається виразом

$$S = \sum_{i=1}^n (C_{Pi} S_{num_i}) \cdot \left(1 + \frac{a+b}{100}\right) + S_{\Sigma поб}, \quad (3.8)$$

де  $a, b$  – коефіцієнти, що враховують площі допоміжних і складських приміщень відповідно ( $a = 65...80\%$ ,  $b = 5...7\%$  від виробничої площі  $S_P$ );

Таблиця 3.4 – Норми питомої виробничої площі на одиницю основного устаткування механічних і механоскладальних цехів

Назва цеху	Питома виробнича площа, м <sup>2</sup>	
	Легкі та середні літаки	Важкі літаки
Цехи великих деталей	20...40	60...80
Цехи монолітних панелей і довгомірних профілів	50...70	130...170
Цехи дрібних і середніх сталевих деталей	22	24
Цехи дрібних і середніх сталевих деталей з алюмінієвих сплавів	22	24
Цехи деталей із магнієвих сплавів	28...30	25...30
Цехи механізмів і вузлів управління	20...22	25...28

$S_{\Sigma\text{поб}}$  – сумарна площа всіх побутових приміщень і контор ( $S_{\Sigma\text{поб}} \approx 3,6\%$  від виробничої площі  $S_P$ ).

### 3.4. Компонування і планування механічних ділянок і цехів

Компонування корпусу – це схематичний план виробничого корпусу (будівлі) із зображенням на ньому цехів, допоміжних та адміністративно-технічних приміщень.

Призначенням компонувального плану є взаємна ув'язка складових частин корпусу: цехів, складів, комор, ремонтних служб тощо, а також вибір оптимального напрямку виробничого процесу, корпусного та міжцехового транспорту.

Компонування корпусу слід починати з вибору сітки колон. Рекомендується вибирати прольоти корпусу шириною 12, 18 та 24 м, крок колон – 6 або 12 м, сітку колон – 6 × 18 м, 12 × 18 м, 12 × 24 м, 18 × 24 м, а у пристінних рядів – 6 × 18 м або 12 × 18 м.

На компонувальному плані вказують габаритні розміри (довжину, ширину корпусу, ширину прольотів, крок колон), капітальні стіни, зовнішні та внутрішні перегородки (в одну лінію), межі між цехами, допоміжні служби, майстерні, комори тощо, корпусні та міжцехові проїзди. Розташування устаткування на компонувальному плані не показується.



На першому етапі виконання компоновання корпусу вирішують питання доцільності об'єднання ряду допоміжних відділень. Потім позначають межі цехів, проїздів тощо. Після цього визначають межі цехових допоміжних служб, напрямок і характер вантажопотоків.

При розробленні компоновання корпусу необхідно керуватися такими рекомендаціями:

1. Поєднувати у вигляді блоку механічних цехів в одному корпусі (будівлі) виробничі цехи, пов'язані між собою загальним виробничим процесом, а також допоміжні цехи (ділянки), що обслуговують основні.

2. Передбачати таке взаємне розташування цехів, яке забезпечує послідовність процесів оброблення та найбільш короткі шляхи вантажопотоків.

3. Застосовувати основні типові розміри прольотів промислових будівель (ширину та висоту).

4. Розташовувати технологічні лінії обробки деталей механічних цехів відносно механоскладальних ліній так, щоб оброблені деталі надходили на складання найкоротшим шляхом.

5. У пристінних прольотах, окремо від загального виробничого потоку, розташовувати ремонтні, інструментальні та інші допоміжні цехи (ділянки).

6. Передбачати в корпусі приміщення для адміністративно-технічних служб цехів.

Після компоновання цеху розробляють планування устаткування по ділянках, яке визначається технологічними процесами деталей, що виготовляються, обсягом їх випуску та організацією виробництва.

Планування ділянки (цеху) – це план розташування виробничого, підйомно-транспортного та іншого устаткування, робочих місць, проїздів, проходів, інженерних мереж тощо.

Технологічне планування виконується при проектуванні (реконструкції) цехів (ділянок) або докорінній перебудові технологічного процесу.

Розроблення планування – досить складний і відповідальний етап проектування, коли одночасно мають бути вирішені питання здійснення технологічних процесів, організації виробництва й економіки, техніки безпеки, вибору транспортних і підйомно-транспортних засобів, механізації й автоматизації виробництва. При розробленні планувань потрібно враховувати такі вимоги:

1. Устаткування на ділянці необхідно розміщувати відповідно до прийнятої організаційної форми технологічних процесів. При цьому потрібно прагнути до розташування виробничого устаткуван-

ня в порядку послідовності виконання технологічних операцій оброблення, контролю та здачі деталей (виробів).

2. Розташування устаткування, проїздів і проходів має гарантувати зручність і безпеку роботи при подачі заготовок, пристроїв та інструментів, збиранні стружки тощо.

3. Планування устаткування необхідно погоджувати з застосовуваними підйомно-транспортними засобами. У плануваннях передбачають найкоротші шляхи переміщення заготовок, напівфабрикатів, деталей (вузлів) у процесі виробництва, виключають зворотні рухи. Вантажопотоки не повинні перетинатися між собою, а також перетинати проїзди та проходи.

Таблиця 3.5 – Норми питомої виробничої площі на одиницю основного устаткування механічних і механоскладальних цехів (рис. 3.2)

Відстань	Найбільший з габаритних розмірів верстата у плані, мм			
	До 1800	Від 1800 до 4000	Від 4000 до 8000	Понад 8000
А	1000	1000	1000	1000
Б	500	500	500	500
В	500	500	500	500
Г	1400	1600	1800	1800
Д	700	800	1000	1000
Е	900	900	1200	1200
Є	1900	2300	2600	2600
Ж	1400	1600	1700	1700
К	1400	1600	–	–
Л	700	700	–	–
М	1300	1500	1500	1500
Н	1300	1500	1500	1500
П	700	800	900	1900
Р	900	900	900	900

4. Планування має бути «гнучким», тобто необхідно передбачати можливість перестановки устаткування при зміні технологічних процесів.

5. При розробленні планування слід раціонально використовувати не тільки площу, але й увесь об'єм цеху або корпусу. Висоту корпусу необхідно використовувати для розміщення опорних або підвісних транспортних обладнань та інших інженерних комунікацій.

При плануванні устаткування слід керуватися нормами технологічного проектування. На рис. 3.2, в табл. 3.5 і 3.6 наведено норми відстані між устаткуванням, до елементів будівлі та меж проходу або проїзду механічних ділянок і цехів.

На рис. 3.3 показано приклад планування механічного цеху з оброблення профілів і стрингерів.

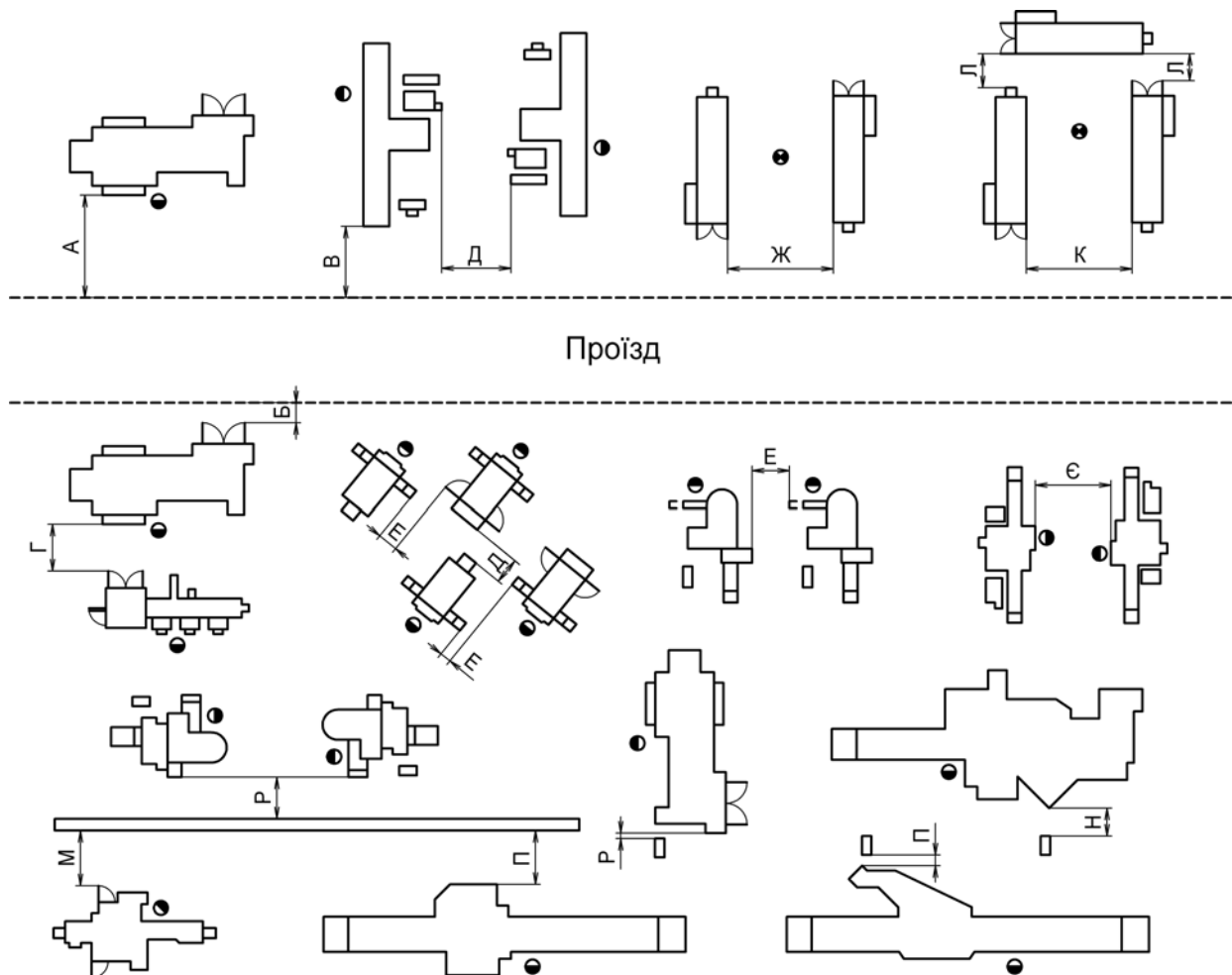


Рисунок 3.2 – Варіанти розташування верстатів відносно один одного, корпусного проїзду, стін і колон корпусу:

А, Б, В, Г, Д, Е, Є, Ж, К, Л, М, Н, П, Р – геометричні параметри розміщення верстатів (табл. 3.5)

Таблиця 3.6 – Норми відстаней між верстатами і від верстатів до стін і колон будівлі механічних ділянок

Відстані		Розміри, мм				Ескізи розташування верстатів		
Назва	Позначення	Дрібні верстати габаритом до 1,8х0,8 м	Середні верстати габаритом до 4,0х2,0 м	Великі верстати				
				габаритом до 8,0х 4,0 м	габаритом до 16,0х 6,0 м			
Між верстатами по фронті		А	700	900	1500	2000		
Між тильними сторонами верстатів		Б	700	800	1200	1500		
Між верстатами при поперечному розташуванні до проїзду	При розміщенні верстатів один за одним	В	1300	1500	2000	—		
	При обслуговуванні одним робітником	одного верстата	Г	2000	2500	3000		—
		двох верстатів	Д	1300	1500	1800		—
Від стін або колон будівлі до:	тильної сторони верстата	Е	700	800	900	1000		
	бічної сторони верстата	Є						
	фронті верстата	Ж	1300	1500	2000	—		

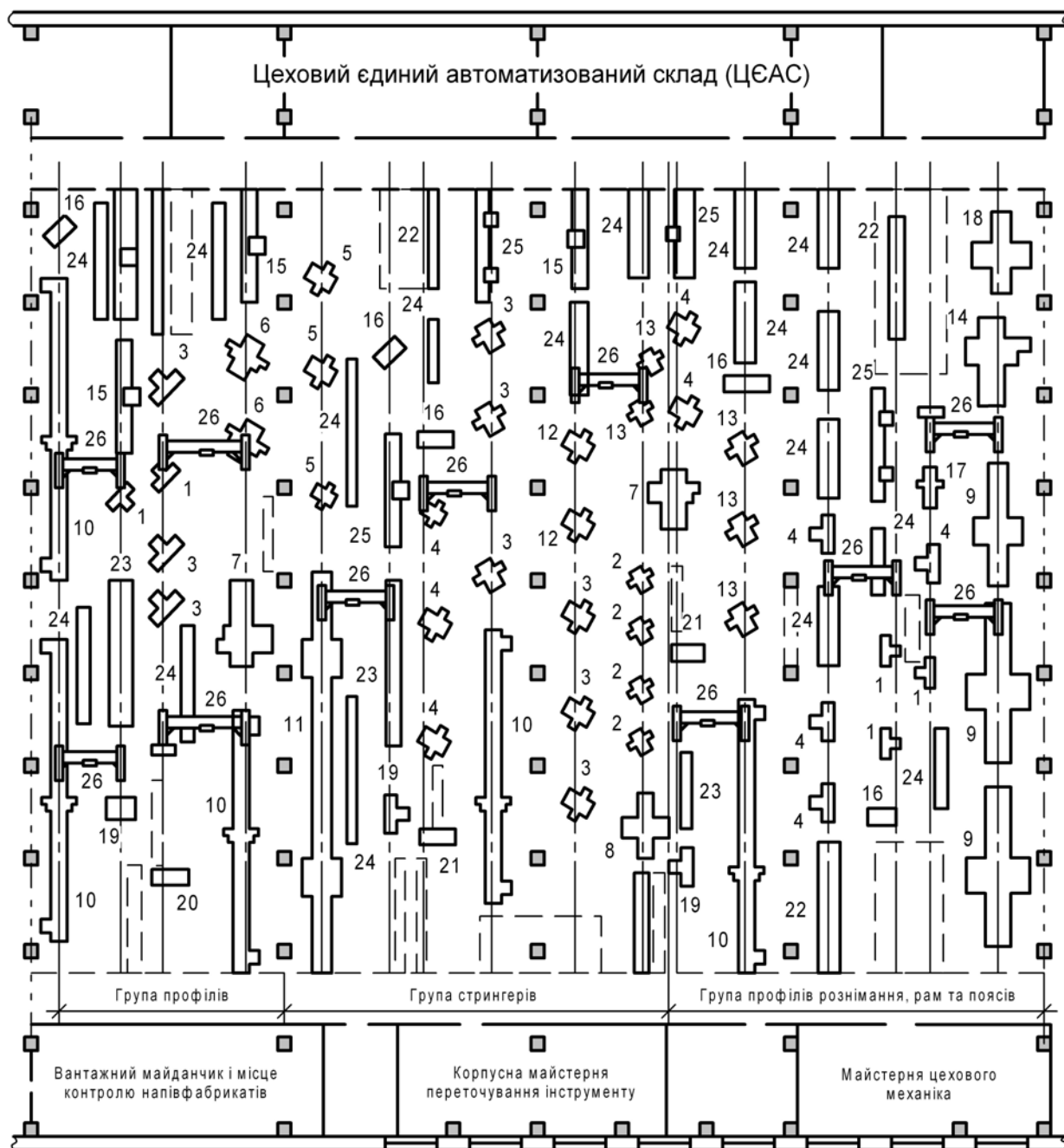


Рис. 3.3 – Типове планування механічного цеху обробки профілів і стрингерів:

- 1, 2 – універсально-фрезерні верстати; 3, 4, 5 – вертикально-фрезерні верстати; 6, 7, 8 – подовжньо-фрезерні верстати; 9, 10, 11 – подовжні копіювально-фрезерні верстати; 12, 13 – горизонтально-фрезерні верстати; 14 – копіювальний свердлувально-фрезерний верстат; 15, 16 – радіально-свердлувальні верстати; 17 – горизонтально-розточувальний верстат; 18 – шліфувальний верстат; 19 – прес гідравлічний для правки профілів; 20 – прес гвинтовий; 21 – дискова пила; 22 – контрольна плита; 23 – розмічальна плита; 24 – верстаки слюсарні; 25 – стол для свердлувального верстата; 26 – електрична підвісна кран-балка

## **4. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО-СКЛАДАЛЬНИХ ЦЕХІВ**

### **4.1. Призначення, склад і характеристика агрегатно-складальних цехів**

До складу авіабудівного заводу можуть входити такі агрегатно-складальні цехи:

- цех складання крила;
- цех складання фюзеляжу та його відсіків;
- цех складання хвостового оперення;
- цех складання мотогондол і гондол шасі;
- цех складання лопатей вертольота;
- цех складання герметичних відсіків крила й оперення.

В агрегатно-складальних цехах виконуються складання вузлів типу нервюр, шпангоутів, лонжеронів, панелей, секцій і відсіків агрегатів, керма, закрилків, елеронів, дверей, щитків, стулок, передкрилків, обтічників, лопатей вертольотів, хвостових і кінцевих балок вертольотів, загальне складання агрегатів у стапелях, їхнє дороблення на позастапельних стендах. Тут же виконують монтаж і випробування встановлених бортових систем.

У цих цехах слід передбачати можливість швидкого розгортання крупносерійного виробництва на технічній основі, що була закладена на етапі проектування. Необхідно прагнути до того, щоб навіть в умовах дрібної серії реалізовувати принципи потокового виробництва, створювати передумови до організації спеціалізованих складальних ділянок і навіть цехів з механізацією та автоматизацією виробничих процесів. Можуть бути спроектовані спеціалізовані цехи складання панелей для всіх агрегатів; цех дрібних вузлових зборок типу нервюр, шпангоутів; цех складання керма, агрегатів механізації літака.

До складу агрегатно-складальних цехів входять виробничі відділення, допоміжні служби, склади, контори, побутові приміщення. Виробничі відділення містять ділянки вузлового складання, панельного складання та їх монтажу; ділянки стапельного складання секцій, відсіків, агрегатів, їх позастапельного дороблення й монтажу; предметні відділення зі складання окремих блоків бортових систем; ділянки герметизації баків або відсіків; іноді малярські відділення.

До складу складів входять: склад готових деталей (СГД); матеріальний склад (МАСК); проміжні склади (ПРОСК). До інженерних служб цеху належать технологічне бюро, бюро технічного контролю, планово-диспетчерське бюро й адміністративне управління цехом.

Допоміжними підрозділами є майстерні механіка і енергетика цеху, інструментально-роздавальна комора, служба молодшого обслуговуючого персоналу. Устаткування агрегатно-складальних цехів містять:

- складально-стикувальні стапелі та пристрої вузлового й панельного складання;
- клепально-свердлильне устаткування зі змінним оснащенням;
- підйомно-транспортні засоби;
- обробні стенди та стенди монтажно-випробувальних робіт;
- стенди контрольно-здавальних робіт;
- устаткування для герметизації та фарбувальних робіт, організаційне оснащення;
- конвеєрні стенди при потоковій організації складання.

#### **4.2. Вихідні дані й особливості проектування агрегатно-складальних цехів**

Вихідними даними для проектування агрегатно-складальних цехів є:

- виробнича програма випуску агрегатів;
- програма випуску запасних частин;
- креслення конструкцій об'єктів агрегатного складання;
- директивні технології складання агрегатів;
- схеми членування та складання агрегатів;
- ТУ на складання агрегатів і схема розташування на них такелажних точок; маса агрегатів;
- креслення складальних пристроїв і трудомісткість складально-монтажних робіт за окремими їхніми видами.

При проектуванні агрегатно-складальних цехів необхідно розглянути такі питання:

1. Можливість об'єднання та централізованого виготовлення панелей і вузлів у спеціалізованих цехах заводу.

2. Складання на базі директивної технології та схеми членування агрегату, укрупнених техпроцесів складально-монтажних робіт з виявлення технологічного комплекту стапелів і позастапельних стендів для виготовлення встановленої для даного цеху номенклатури складальних одиниць, ступінь їхньої механізації, склад свердлильно-клепального (або зварювального) та підйомно-транспортного обладнання.

3. Визначення необхідної кількості складальних пристроїв, кількості робочих місць в цеху, кількості свердлильно-клепального, зварювального або іншого устаткування.

4. Визначення коефіцієнтів завантаження стапелів та устаткування за часом.

5. Складання відомостей прийнятого устаткування й стапелів з їхніми характеристиками та кошторисною вартістю.

6. Розрахунок необхідної кількості робітників, ІТП, ЛКП, МОП і визначення рівня механізації й автоматизації техпроцесів.

7. Визначення виробничих площ, площ допоміжних відділень, складських приміщень, а також службових і побутових приміщень.

8. Вибір типу виробничого корпусу і розроблення компоновання цеху в загальному корпусі та ув'язування його з планом заводу; виконання планування цеху.

9. Розроблення схеми управління цехом з використанням сучасних комп'ютерних інформаційних технологій.

10. Розроблення техніко-економічних показників цеху.

При проектуванні агрегатно-складальних цехів на першому етапі недоцільно розробляти робочий техпроцес. Тому спочатку визначають таку схему техпроцесу, яка дозволяє скласти відомості розподілу складально-монтажних робіт (СМР) по виробничих відділеннях цеху, а в самих відділеннях складання вузлів, панелей, відсіків та загального складання агрегату – відомості розподілу обсягів робіт за видами складальних пристроїв і видами устаткування. Увесь обсяг робіт на ділянках позастапельного складання та монтажу компонується в стенові завдання, кратні за часом такту потокової лінії у відділенні. При такому підході проектувальник повинен добре знати сучасні технології складально-монтажних робіт і можливості спеціалізованого устаткування для їхнього виконання.

На основі директивних технологічних матеріалів (ДТМ) проектувальник визначає:

- наявність нових матеріалів у конструкції літака;
- схему членування літака;
- типи з'єднань в місцях рознімання конструкції;
- наявність нових техпроцесів;
- схему та методи складання;
- рекомендовані засоби забезпечення взаємозамінності;
- принципові схеми й технічні вимоги до складального оснащення;
- методи та засоби контролю складально-монтажних робіт;
- засоби внутрішньоцехового транспорту.

Ці відомості мають бути покладені в основу схеми технології складально-монтажних робіт, на базі якої буде проектуватися агрегатно-складальний цех.



Важливе значення має вибраний метод складання. Так, при складанні з базою від обшивки в конструкціях стапелів є велика кількість обвідних фіксаторів, що збільшує габарити стапелів, ускладнює складання; при складанні по координатно-фіксуєчих отворах (КФО) конструкція стапелів спрощується, зменшується необхідна для їхнього розміщення площа.

### **4.3. Розрахунок кількості складальних пристроїв, устаткування, робітників і площі агрегатно-складальних цехів**

При укрупнених розрахунках розподіл трудомісткості за видами складальних робіт можна вибрати по табл. 4.1 – 4.3.

Розрахунок кількості складальних пристроїв, устаткування та робочих місць виконується після прийняття схеми членування агрегату на складальні одиниці й розроблення технологій складання вузлів, панелей, секцій, відсіків та агрегатів у цеху, що проектується.

Як приклад розглянемо склад робочих місць цеху крила, необхідна кількість яких підлягає розрахунку.

*Відділення вузлових складань:* пристрої для складання нервюр крила та закрилків, стрингерів, аеродинамічних перегородок, тримера елерона, кінцевого обтічника, лонжеронів; робочі місця позастапельного складання обтічників, нервюр, лонжеронів; свердлильні та зенкувальні верстати й установки; клепальні преси; зварювальні пристрої.

*Відділення складання панелей і секцій агрегатів:* стапелі складання панелей крила, носків крила, хвостових частин крила; стенди стикування носків і хвостових частин з лонжеронами; стапелі дороблення технологічних панелей; робочі місця позастапельного складання носків і хвостових частин крила; свердлувально-зенкувальні пристрої й клепальні преси.

*Відділення агрегатного складання:* стапелі загального складання крила, центроплана, ВЧК, СЧК; стапелі складання закрилків, елеронів, передкрилків; стенди для фрезерування площин рознімань агрегатів; стенди позастапельного дороблення агрегатів і монтажу обладнання в крилі; балансувальні стенди; робочі місця під устаткування герметизації крила та його бакових відсіків.

*Відділення фарбування крила:* до його складу входять фарбувальні розпилюючі й сушильні камери, які здебільшого є продовженням лінії позастапельного складання й монтажу агрегатів крила.

Таблиця 4.1 – Залежність трудомісткості складальних робіт від загальної трудомісткості виробу

Види робіт	Співвідношення трудомісткості за видами робіт
Агрегатне складання	28...33 %
Вузлове складання	8...10 %
Стапельне складання	12...14 %
Позастапельне складання	8...9 %

Таблиця 4.2 – Розподіл трудомісткості в агрегатно-складальних цехах за видами робіт

Види робіт	Співвідношення трудомісткості за видами робіт
Слюсарно-складальні роботи	30 %
Клепально-складальні роботи	40 %
Клепання на пресах	12 %
Свердлувально-зенкувальні	15 %
Інші	3 %

Таблиця 4.3 – Залежність трудомісткості виготовлення агрегатів від загальної трудомісткості літака

Найменування агрегатів	Питома вага трудомісткості виготовлення агрегатів
Крило (ВЧК, СЧК, центроплан)	8...11 %
Стабілізатор	0,8...1,2 %
Кіль	0,9...1,4 %
Мотогондола	1,5...2,0 %
Фюзеляж	16...18 %

Розрахунок кількості стапельів  $C_P$  виконується по кожному стапелю окремо відповідно до прийнятої їхньої номенклатури. Загалом, кількість робочих місць, устаткування та складальних пристроїв визначають за формулою

$$C_P = \frac{T \cdot N}{\Phi_{до} \cdot n}, \quad (4.1)$$

де  $T$  – трудомісткість за даним комплексом робіт в стапелі або на робочому місці, год;

$N$  – річна програма випуску агрегатів з урахуванням запасних частин, шт.;

$\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи стапеля або робочого місця, год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$n$  – кількість робітників, що одночасно працюють на стапелі, або щільність робіт, чол.

Прийнята кількість стапелів, складальних пристроїв або робочих місць за даним видом робіт має дорівнювати кількості агрегатів, що входять у конструкцію літака, або бути кратною цій кількості (наприклад, дві ВЧК або дві консолі стабілізатора). Коефіцієнт завантаження пристроїв або робочих місць (устаткування) визначається як відношення їхньої розрахункової кількості до прийнятого, округленого до найближчого більшого цілого числа. Середнє значення коефіцієнта використання складальних пристроїв за часом приймають в межах  $K_{всп} = 0,4 \dots 0,8$ .

Таблиця 4.4 – Норми для визначення щільності робіт на стапелях

Назва процесу	Довжина агрегату, м	Кількість робітників, що одночасно працюють на стапелі, чол.
Складання панелей в стапелях	від 2 до 7	2...6
	понад 7	10...14
Складання центроплана в стапелі	від 4 до 10	4...8
	понад 10	12...24
Складання крила в стапелі	від 7 до 20	4...20
	понад 20	20...30
Складання відсіків і загальне складання фюзеляжу в стапелі	від 12 до 50	12...60
Складання стабілізатора в стапелі	від 2 до 4	2...4
	понад 4	4...6
Складання кіля в стапелі	від 4 до 8	2...6
Оброблення стикових отворів крила, кіля, стабілізатора	–	2
Оброблення стикових отворів центроплана, ВЧК і фюзеляжу	–	4...6

Кількість робітників, що одночасно працюють на одному пристрої (стапелі або стенді), зазвичай визначають при розробленні техпроцесу. Для розрахунків на стадії проектування цеху використовують норми, наведені в табл. 4.4.

В агрегатно-складальних цехах крім основного технологічного устаткування, обумовленого розрахунком, застосовують додатково верстати, преси та верстати для дороблювальних операцій, кількість яких визначається за табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Додаткове устаткування агрегатно-складального цеху, яке не розраховується

Назва устаткування	Кількість виробничих робітників цеху						
	до 200	від 201 до 300	від 301 до 400	від 401 до 500	від 501 до 600	від 601 до 700	від 701 до 800
	Кількість устаткування						
Настільно-свердлильний верстат	3	4	5	6	7	8	9
Клепальний прес	2	2	3	3	4	4	5
Точило наждачне	1	2	2	3	3	4	4
Верстат з ящиками для інструменту до стапелів	6	9	12	15	18	21	24

До допоміжного устаткування в агрегатно-складальних цехах належать верстати, що комплектують відділення цехового або корпусного механіка з ремонту устаткування й пристроїв, склад і кількість цього устаткування приймається по табл. 4.6.

Номенклатура та кількість механізованого інструменту для виконання агрегатно-складальних робіт визначається за табл. 4.7.

В агрегатно-складальному цеху має бути передбачено безперервне та раціональне постачання робочих місць предметами праці. Виробничі ділянки організуються за технологічною ознакою – стадій складання-монтажу агрегатів. Виділяють три основні групи ділянок агрегатно-складального цеху, які різняться за організацією транспортних робіт. Це групи складання вузлів, стапельного та позастапельного складання. Найбільш ефективною формою організації складального виробництва є потокове складання. Найпоширенішими поточковими лініями є такі:

Таблиця 4.6 – Допоміжне устаткування майстерні цехового механіка

Назва устаткування	Кількість допоміжного устаткування в цеху
Токарський верстат	1
Свердлильний верстат	1
Фрезерний верстат	1
Точило наждачне	2
Плита розмічальна	1
Верстат слюсарний	5

Таблиця 4.7 – Залежність кількості механізованого інструменту від кількості виробничих робітників

Назва інструменту	Кількість інструменту в % від кількості виробничих робітників
Пневмодрилі	27 %
Пневмомолотки	24 %
Пневмовикрутки	9 %
Пневмогайковерти	6 %

1. *Однопредметні лінії з об'єктами, що переміщуються.* Така організація характерна для позастапельних і монтажних робіт. У цьому випадку постачання робочих місць з комплектувальних складів виконується за допомогою електрокарів. Передача агрегатів у наступну зону монтажу здійснюється конвеєрами підлогового або підвісного типу. Підлогові візкові конвеєри можуть бути як замкненими, так і прямолінійними з поверненням візків у першу зону краном.

2. *Однопредметні лінії з нерухомими об'єктами складання.* Така організація характерна для стапельного складання агрегатів, відсіків, секцій. У цьому випадку великі вузли й деталі подаються на робочі місця верхнім транспортом. Для вилучення агрегатів зі стапелів та їхнього подальшого транспортування використовують крани з такелажними траверсами або спеціальні візки.

3. *Багатопредметні лінії з об'єктами виробництва, що переміщуються.* Це характерно на ділянках вузлових складань для технологічно подібних складальних одиниць (нервюри, шпангоути, панелі тощо). У цьому випадку межопераційна передача виконується як вручну, так і за допомогою конвеєра.

4. *Багатопредметні лінії з нерухомими об'єктами складання.* Ці лінії звичайно застосовуються для стапельного складання різних за конструкцією вузлів і панелей. На робочі місця зі складальними пристроями подаються деталі та вузли й до них із заданим тактом переміщуються збирачі. Вилучення із пристроїв готових виробів виконується краном або вручну з переміщенням на наступний етап складально-монтажних робіт з агрегату.

До складу працюючих в агрегатно-складальному цеху входять: виробничі робітники-складальники, допоміжні робітники, інженерно-технічні працівники (ІТП), лічильно-контрорський персонал (ЛКП), молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Кількість виробничих робітників, які задіяні в стаціонарному складанні, залежить від трудомісткості складально-монтажних робіт і річного фонду віддачі робітника.

Розрахункова кількість робітників  $P_p$  при складанні агрегату в стапелі визначається формулою

$$P_p = \frac{T \cdot N}{\Phi_{др}}, \quad (4.2)$$

де  $T$  – трудомісткість стаціонарного складання виробу, год;

$N$  – річна програма випуску агрегатів, шт.;

$\Phi_{др}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу робітника, год.

Кількість виробничих робітників  $P_p$  на потоковій лінії залежить від трудомісткості складально-монтажних робіт і такту роботи потокової лінії та визначається формулою

$$P_p = \frac{T_{л}}{\tau}, \quad (4.3)$$

де  $T_{л}$  – трудомісткість складально-монтажних робіт на потоковій лінії, год;

$\tau$  – такт потокової лінії, год.

Загальна кількість виробничих робітників агрегатно-складального цеху визначається як сума працюючих на конвеєрі та на стаціонарних складальних місцях.

Кількість допоміжних робітників, ІТП, ЛКП, МОП призначається за штатним розкладом у відсотковому відношенні від кількості виробничих робітників (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Норми для визначення кількості допоміжних робітників, ІТР, ЛКП, МОП залежно від кількості виробничих робітників

Кількість виробничих робітників в цеху	Допоміжні робітники	ІТР	ЛКП	МОП
До 100	40 %	25 %	3,5 %	2,0 %
Від 101 до 200	35 %	20 %	3,0 %	1,5 %
Від 201 до 400	30 %	15 %	2,5 %	1,0 %
Від 401 до 600	25 %	12 %	2,0 %	0,8 %

Для попереднього – перед компонувальними й планувальними роботами – визначення необхідної площі агрегатно-складального цеху слід скласти відомість, що відображає залежність кількості робочих місць від трудомісткості робіт і програми випуску агрегатів. Потім, користуючись нормами питомих площ на підставі статистики, розраховують площу виробничого призначення (рис. 4.1 – 4.5).

Для визначення всієї площі цеху отриману площу збільшують на 25...27% (для урахування допоміжної та складської площі).

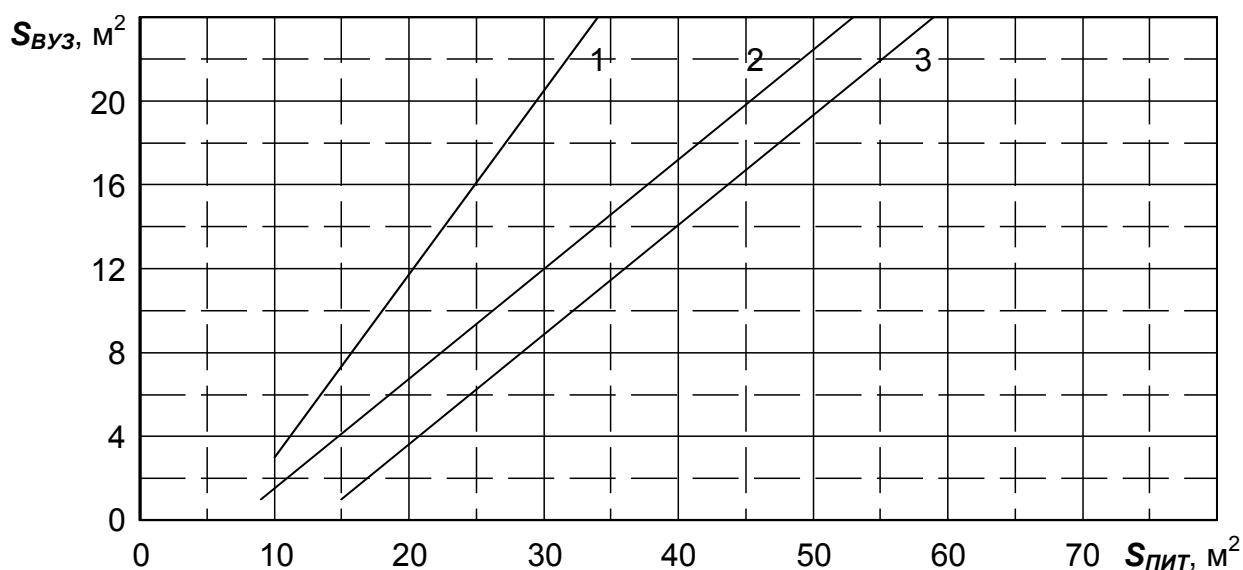


Рисунок 4.1 – Залежність питомої виробничої площі  $S_{пум}$  на одиницю устаткування та пристроїв для складання вузлів типу шпангоутів, напівшпангоутів, рам, перегородок та інших вузлів типу шпангоутів від площі вузла  $S_{вуз}$ :

1 – пристрої для вертикального складання вузлів; 2 – плази для горизонтального складання вузлів та їх дороблення; 3 – свердлильні установки і клепальні преси

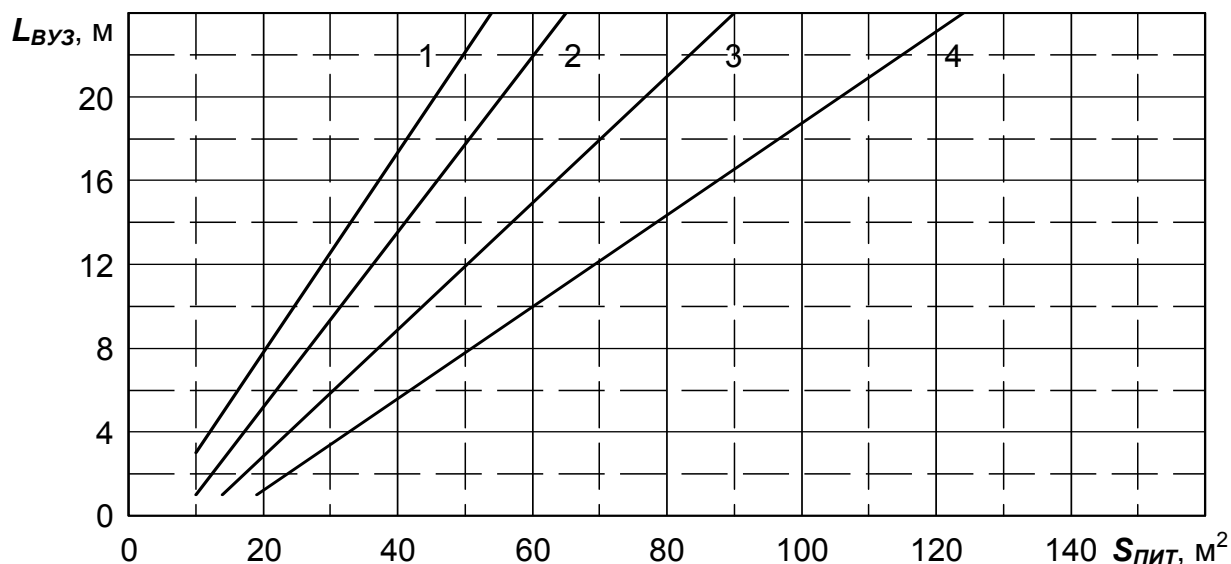


Рисунок 4.2 – Залежність питомих виробничих площ  $S_{пит}$  на одиницю устаткування складання лонжеронів, стрингерів, балок та інших вузлів типу лонжеронів від довжини вузла  $L_{вуз}$ :

- 1 – пристрої і місця для позастапельного складання за ФО; 2 – свердлильно-зенкувальні установки; 3 – клепальні преси; 4 – пристрої і місця для позастапельного складання

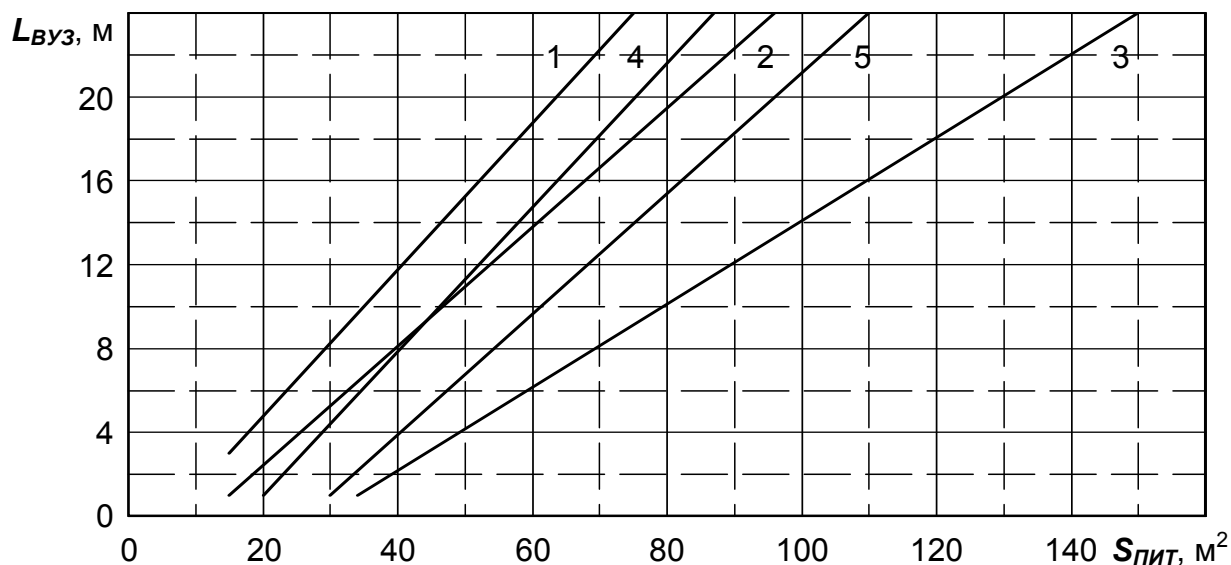


Рисунок 4.3 – Залежність питомих виробничих площ  $S_{пит}$  на одиницю устаткування складання панелей і бімсів центроплана, крила, оперення, фюзеляжу та інших агрегатів від довжини вузла  $L_{вуз}$ :

- 1 – стапелі складання панелей центроплана, крила, оперення і місця для позастапельного складання всіх панелей за ФО; 2 – стапелі складання панелей фюзеляжу за ФО; 3 – свердлильно-зенкувальні установки; 4 – стапелі складання панелей центроплана, крила, оперення і місця для позастапельного складання всіх панелей; 5 – стапелі складання панелей фюзеляжу



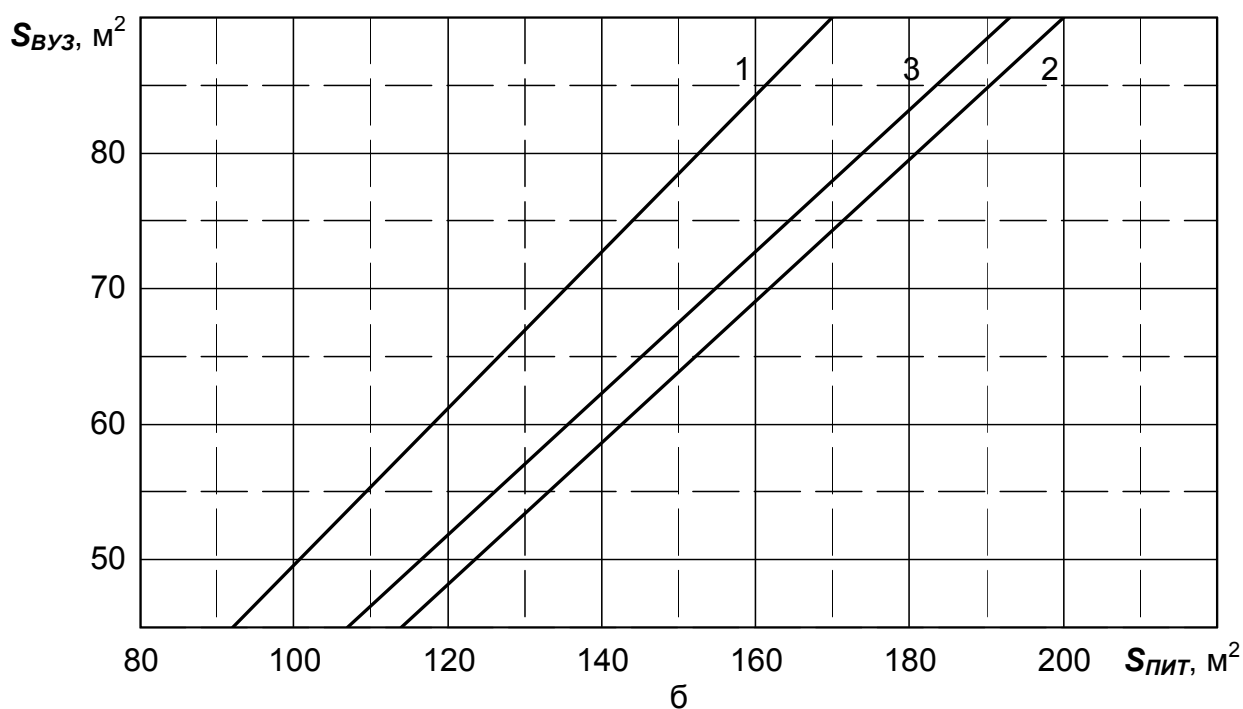
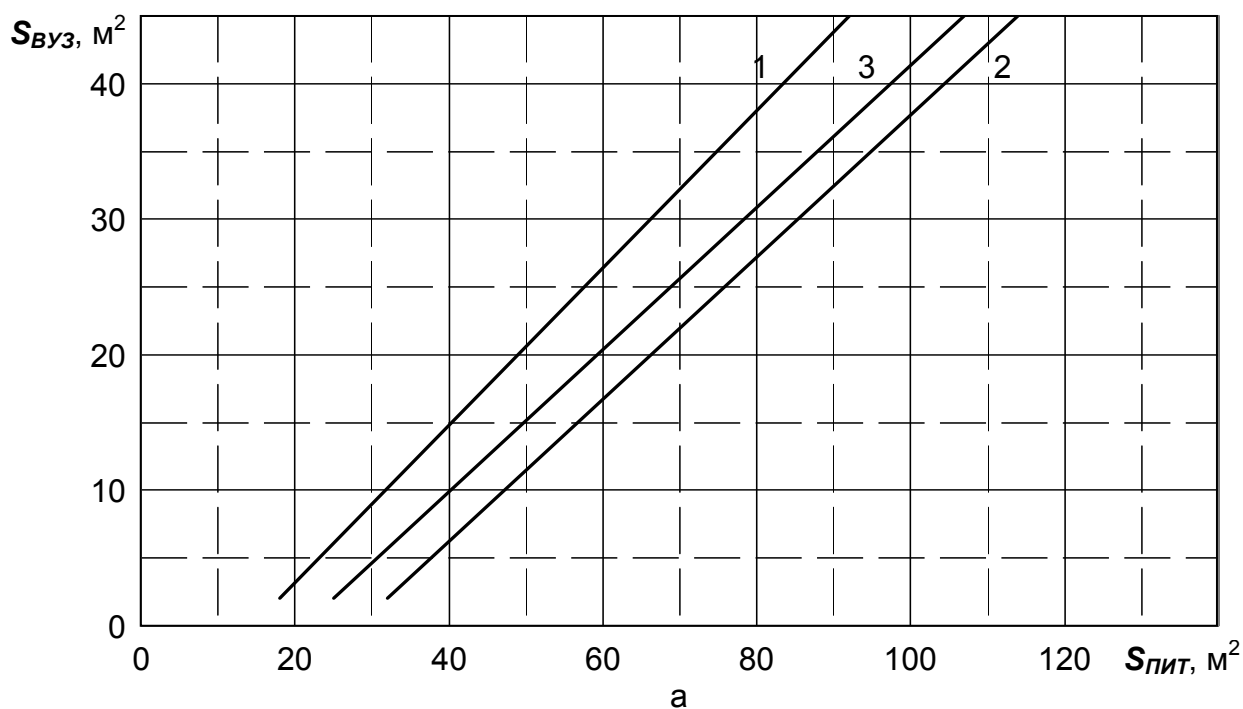


Рисунок 4.4 – Залежність питомих виробничих площ  $S_{Пит}$  на одиницю устаткування та пристроїв складання центропланів, крил, оперення й інших агрегатів типу крила від площі вузла  $S_{ВУЗ}$ :  
 а – площа агрегату до  $45 m^2$ ; б – площа агрегату від  $45$  до  $90 m^2$ ;  
 1 – місця для позастапельного складання, монтажних робіт на агрегатах і нівеліровочні стенди; 2 – стапелі загального складання при зніманні агрегатів у бік або в торець; 3 – стапелі загального складання за ФО при зніманні агрегатів у бік

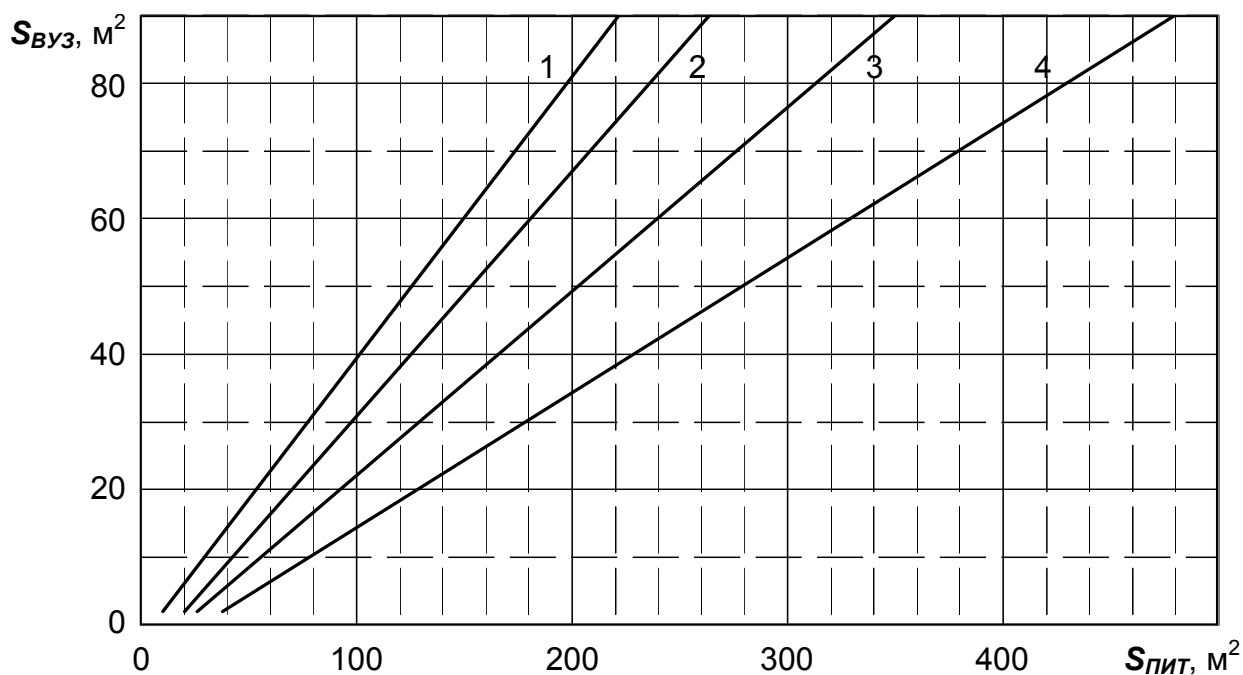


Рисунок 4.5 – Залежність питомих виробничих площ  $S_{пум}$  на одиницю устаткування та пристроїв складання фюзеляжів, обтічників шасі, мотогондол та інших агрегатів типу фюзеляж від площі вузла  $S_{вуз}$ :

- 1 – пристрої і місця для позастанпельного складання за ФО; 2 – свердлильно-зенкувальні установки; 3 – клепальні преси; 4 – пристрої і місця для позастанпельного складання

Отримана за графіками питома площа на одиницю устаткування або робоче місце помножується на прийняту кількість робочих місць або устаткування.

Загальна площа містить виробничу, складську та допоміжну площі, на якій розміщуються ділянки для ремонту пристроїв та устаткування, та інші площі (вентиляційні майданчики, проїзди тощо).

Після визначення площ приступають до їхнього розподілу на ділянки згідно з їхнім призначенням. Необхідні площі для майстерень механіка цеху приймають у розмірі  $100 \text{ м}^2$ ; для матеріальних складів –  $10 \dots 15 \text{ м}^2$ ; ІРК – для одного робітника  $0,25 \text{ м}^2$ . Всі ці площі складаються й суму віднімають від допоміжних і складських площ. Отриману різницю розподіляють у такій пропорції: склад нормалей – 5%; склади ПРОСК і СГД – 65%; комора оснащення – 10%; місця підборок – 20%.

#### 4.4. Компонування і планування агрегатно-складальних цехів

Одержавши розрахункові дані про необхідні площі, визначають геометричну форму та межі агрегатно-складального цеху, потім пере-

ходять до компоувальних вирішень, тобто розміщують на плані всі виробничі й допоміжні відділення цеху без розміщення стапелів та устаткування.

Принципова технологічна схема агрегатно-складального цеху має відповідати ряду вимог. Вона повинна підпорядковуватися цілям організації потокового виробництва об'єктів великих габаритів, значної маси, які на окремих етапах складання мають малу жорсткість. Тому слід уникати зайвого транспортування об'єктів від операції до операції та їхніх зворотних переміщень. Прагнуть, щоб форма цеху була витягнута у вигляді прямокутника в напрямку ходу технологічного процесу. Виробничі відділення розміщуються по прямій у такій послідовності: ділянки вузлового складання, відділення складання панелей і секцій, відділення складання відсіків та агрегатів у стапелях, лінії позастапельного дороблення агрегатів і монтажу систем. Потім розташовують стенди та камери герметизації, фарбування й сушіння агрегатів після фарбування. Усе технологічне устаткування – свердлильно-зенкувальні установки, клепальні преси, зварювальні апарати, обладнання для паяння, склеювання, фарбування агрегатів – має розміщуватися по ходу технологічного процесу.

Можна рекомендувати довжину маршу агрегатно-складального цеху 200...240 м для літаків важкого класу та 100...140 м при виробництві легких літаків. При великих обсягах виробництва агрегатно-складальний цех необхідно розташовувати у двох прольотах. Компонувальна схема з примиканням агрегатно-складального цеху до цеху остаточного складання дозволяє агрегати цехів складання фюзеляжу, крила, хвостового оперення по прямій прольоту передавати безпосередньо на стенди складання літаків. Схема без примикання агрегатних цехів до цеху остаточного складання використовується для складання агрегатів легких літаків.

При схемі розміщення агрегатно-складальних цехів у двох паралельних прольотах з'являється небезпека зворотного руху великих частин агрегатів. У цьому випадку компоування цеху в першому прольоті передбачають складання дрібних вузлів, панелей, секцій. Це полегшує передачу даних об'єктів у другий проліт, де організують агрегатне складання з переміщенням за операціями складально-монтажних робіт по прямій у напрямку цеху остаточного складання.

При виборі вантажопідйомних засобів виходять із можливості найбільш повного перекриття кранами виробничої площі цеху та передачі частин агрегату між прольотами з урахуванням максимальних мас агрегатів. Використовують підвісні однобалкові крани вантажопідйомністю до 5 т або опорні мостові крани понад 5 т.

При компонуванні агрегатно-складальних цехів для виготовлення всіх агрегатів у єдиний блоковий комплекс з примиканням до цеху остаточного складання забезпечує спрощене їхнє транспортування на головний складальний конвеєр без перепаду температур при провозі агрегатів через відкриті двори, зменшує непродуктивні втрати площі.

Після вирішення всіх принципівих питань просторового розміщення агрегатно-складального цеху приступають до планування цеху. При цьому призначають взаємне розміщення стапелів, складальних пристроїв, устаткування, виробничих ділянок, допоміжних служб і побутових приміщень. Схема планування залежить від габаритів агрегату, технології складально-монтажних робіт; від прийнятої сітки колон, довжини маршу для просторового розміщення робочих місць, висоти корпусу до зтягування ферм (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Параметри різних варіантів планувальних рішень при проектуванні агрегатно-складальних цехів

Сітка колон, м	Висота до зтягування ферм, м	Довжина маршу, м	Кількість робочих місць	Питома площа, м <sup>2</sup>
18 × 12	12	175 × 2	30	208,2
21 × 12	12	261	27	201,7
24 × 12	12	220	27	195
24 × 12	14,4	204	27	181
27 × 12	14,4	192	27	192

Як приклад на рис. 4.7 розглянуто різні варіанти планування устаткування та стапелів (стендів) в цеху складання окремої частини крила (консолі) літака.

В основу наведених на рис. 4.7 планувань закладено така принципова схема маршрутної технології складання окремої частини крила:

1. Деталі носової частини крила надходять на стелаж 2, її складання виконується на чотирьох робочих місцях у стапелях 1; на двох робочих місцях 3 виконується позастапельне дороблення цієї секції.

2. Деталі хвостової частини крила надходять на стелаж 5; її складання виконується на чотирьох робочих місцях 4; на двох робочих місцях 6 здійснюється позастапельне дороблення цієї секції.

3. Зібрані носові та хвостові секції накопичуються в проміжному складі (ПРОСК), розташованому за відділенням їхнього складання. Деталі й вузли надходять на стелаж 8, а потім їх відправляють на стапель складання крила 7. Позастапельне дороблення крила виконується на робочому місці 9. Потім крило надходить на стенд 10 для оброблення елементів рознімання, далі – у фарбувальну камеру 13 і сушильні камери 14.

4. Деталі монтажів бортових систем надходять на комплектувальні стелажі 12. Потім крило послідовно подається на шість робочих місць 11 конвеєра складання та монтажу систем у крилі.

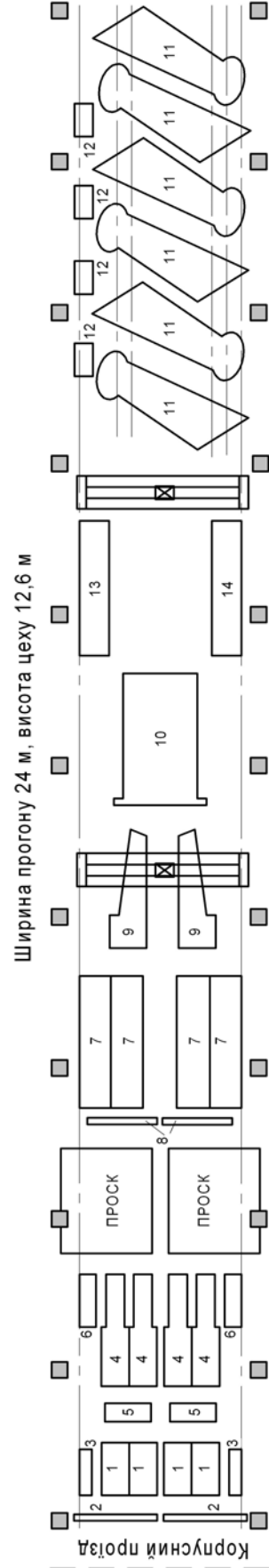
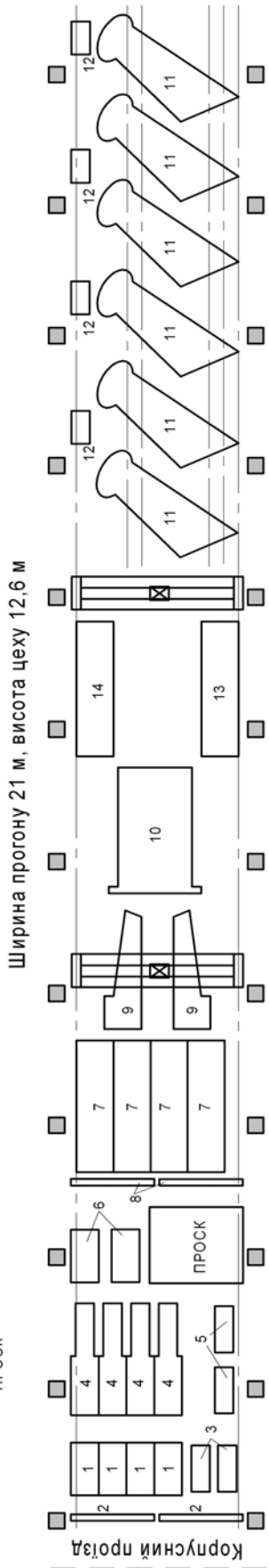
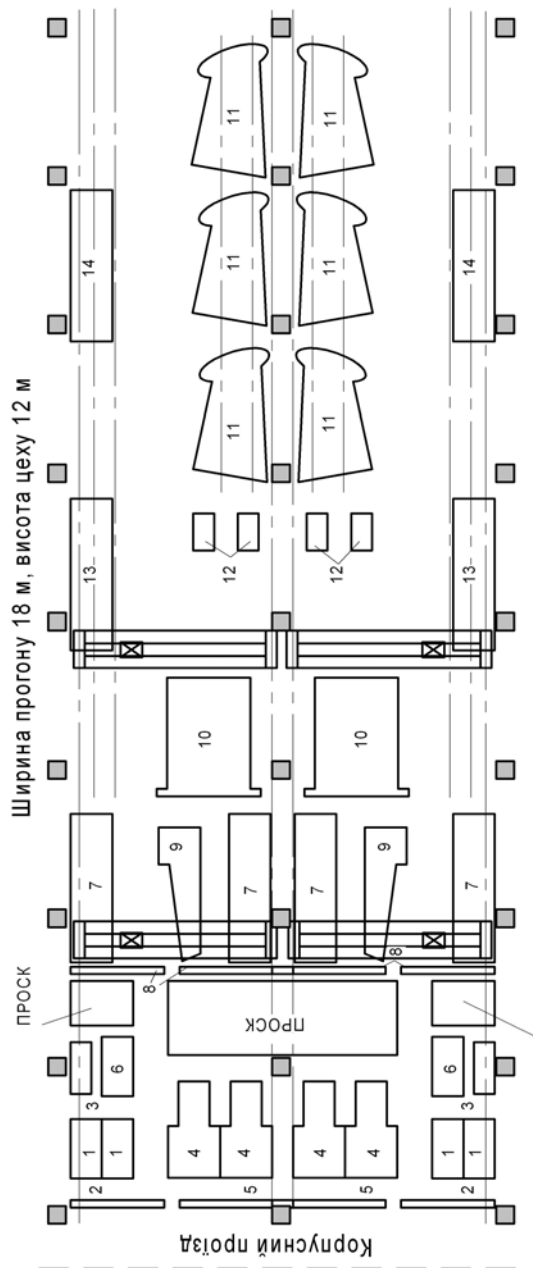
При цій схемі складання крила в прольоті шириною 18 м і висотою 12 м відділення стапельних і позастапельних складально-монтажних робіт потребує два суміжних прольоти, обладнаних чотирма кранами. Питома площа на одне робоче місце становитиме  $208 \text{ м}^2$  на одиницю устаткування.

При розміщенні цих же ділянок у прольотах шириною 21 і 24 м і висотою цеху 12 м поліпшується просторове розміщення стелажів, скорочується кількість кранів, поліпшується розташування стендів на конвеєрі та стелажів, на які постачаються деталі для монтажу крил. Але в цих варіантах питома площа залишається високою й становить  $201,7$  і  $195 \text{ м}^2$  відповідно, що пов'язано з неможливістю виймати агрегати зі стапельів нагору.

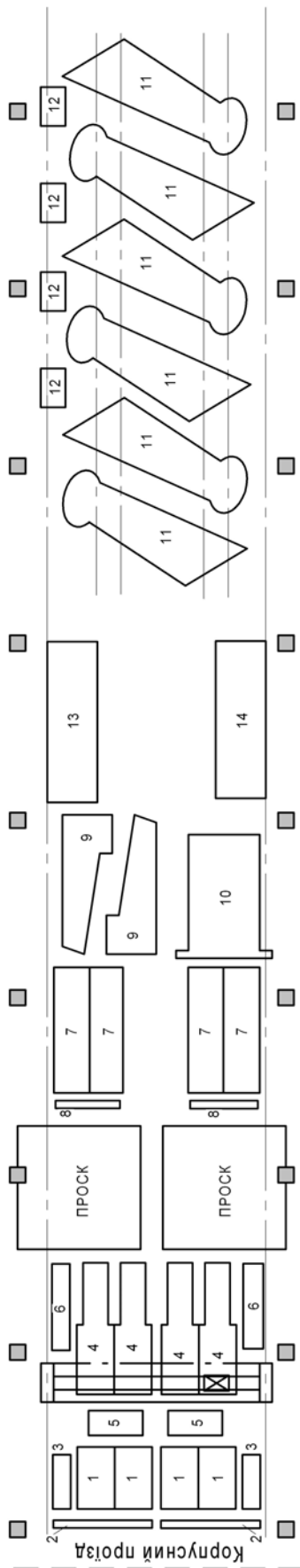
При виборі прольотів шириною 24 і 27 м, але з висотою цеху  $14,4$  м, яка дозволяє виймати агрегати нагору, різко скорочуються розриви між стапелями, що приводить до зменшення питомих площ до  $181$  і  $192 \text{ м}^2$  відповідно до розмірів прольотів. Довжина маршруту при цьому становить відповідно  $204$  і  $192$  м з кількістю робочих місць – 27. Слід мати на увазі, що подальше збільшення прольоту може призвести до збільшення питомих площ через погане використання надлишків площ.

Для агрегатно-складального цеху найбільш універсальною та економічно доцільною вважається сітка колон  $24 \times 12$  м з висотою цеху  $14,4$  м. Вилучення й транспортування агрегатів виконується над стапелями. Для виробництва літаків легкого типу можна застосувати сітку колон  $18 \times 12$  м при висоті цеху  $10,8$  м.

Установлені норми мінімально припустимих розривів між елементами будівельних конструкцій і складальними стапелями й пристроями, а також відстаней між устаткуванням та складальними стендами як нерухомими, так і на конвеєрних лініях. Параметри цих норм наведено на рис. 4.8 – 4.12 і в табл. 4.10 – 4.14.



Ширина прогону 24 м, висота цеху 14,4 м



Ширина прогону 27 м, висота цеху 14,4 м

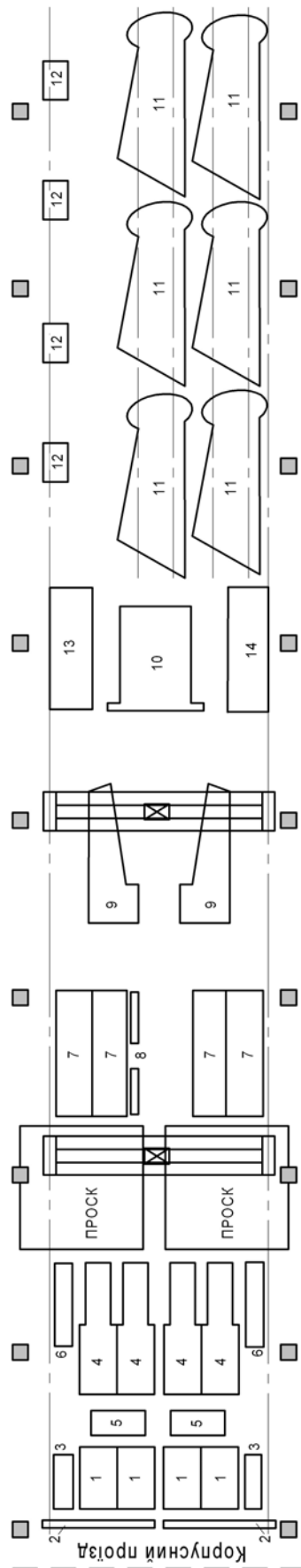


Рис. 4.7 – Варіанти планувань обладнання та стапелів в цеху складання від'ємної частини (консолі) крила літака:

- 1 – стапель носової частини; 2 – стелаж для деталей; 3 – позастапельне дороблення носової частини крила;
- 4 – стапель хвостової частини крила; 5 – стелаж для деталей; 6 – позастапельне дороблення хвостової частини крила; 7 – стапель складання крила; 8 – стелаж для деталей; 9 – місце дороблення крила; 10 – стелаж для дороблення рознімань; 11 – місце остаточного складання та монтажу; 12 – стелаж для деталей; 13 – фарбувальна камера; 14 – сушильна камера

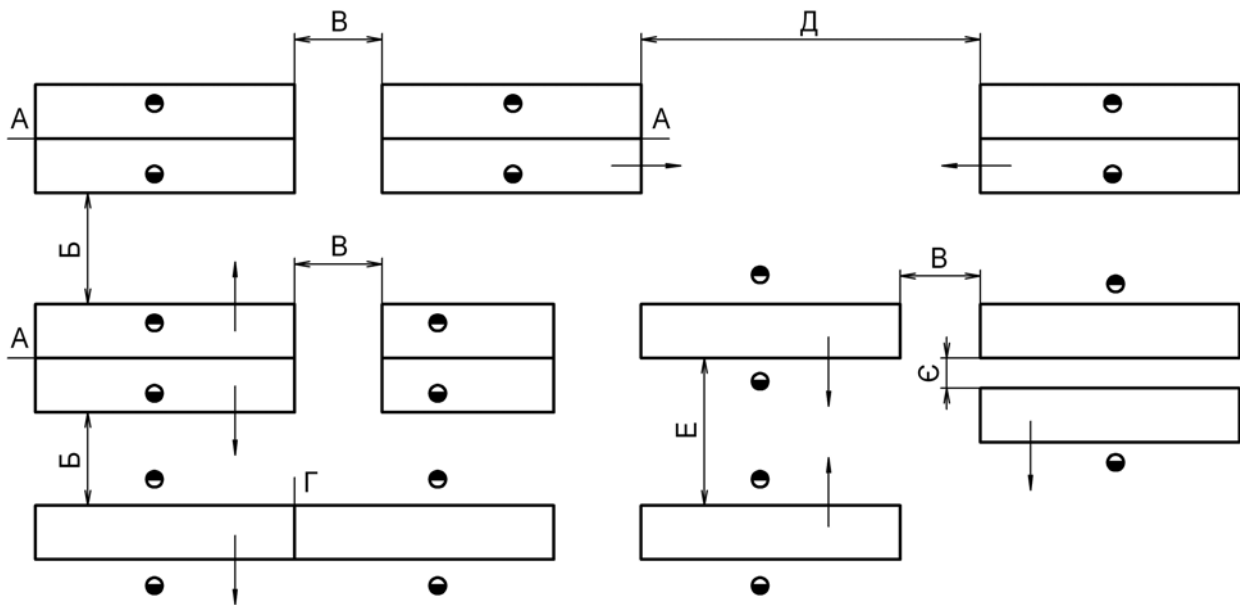


Рисунок 4.8 – Відстані між стапелями при різному їх розташуванні:  
 А; Б; В; Г, Д, Е, Є – геометричні параметри розміщення стапелів (табл. 4.10)

Таблиця 4.10 – Норми відстаней між стапелями при різному їх розташуванні (рис. 4.8)

Відстань	Розмір	Норма, м
Між бічними сторонами при зніманні агрегату або вузла вверх або в торець	А	0
Між бічними сторонами при зніманні агрегату або вузла вбік	Б	$L_{\text{ш}} + 1,5 \dots 2,0$
Між торцевими сторонами при зніманні агрегату або вузла вверх або вбік	В	1,5...2,5
Між торцевими сторонами здвоєних стапелів при зніманні агрегату вбік	Г	0
Між торцевими сторонами здвоєних стапелів при зніманні агрегату в торець	Д	$L_{\text{д}} + 2,0 \dots 3,0$
Між бічними сторонами при двох робочих зонах	Е	$L_{\text{ш}} + 2,0 \dots 3,0$
Між тильними сторонами	Є	0,8...1,0
<i>Примітка.</i> $L_{\text{д}}$ – довжина агрегату; $L_{\text{ш}}$ – ширина агрегату		



Координувати розміщення стапелів та устаткування в плані необхідно від осей колон до виступаючих елементів стапелів.

Для верстатів, дрібних пристроїв і ручних робочих місць рекомендовано питомі площі, величини яких становлять: при односторонньому робочому місці – 1,0...1,2 м<sup>2</sup>, а при двосторонньому робочому місці – 1,4...1,6 м<sup>2</sup>.

Ширина проходів для робітників має становити 1,2...1,6 м; ширина проїзду для транспортування дрібних вузлів – 2,0...2,5 м; для великих агрегатів слід урахувувати їхній габарит, додаючи до ширини візка або агрегату 1,5...2,0 м. При транспортуванні агрегатів вище стапелів з використанням підйомно-транспортних пристроїв ширина проїздів призначається такою: для одностороннього руху – 2,5...3,0 м, для двостороннього – 3,5...4,0 м.

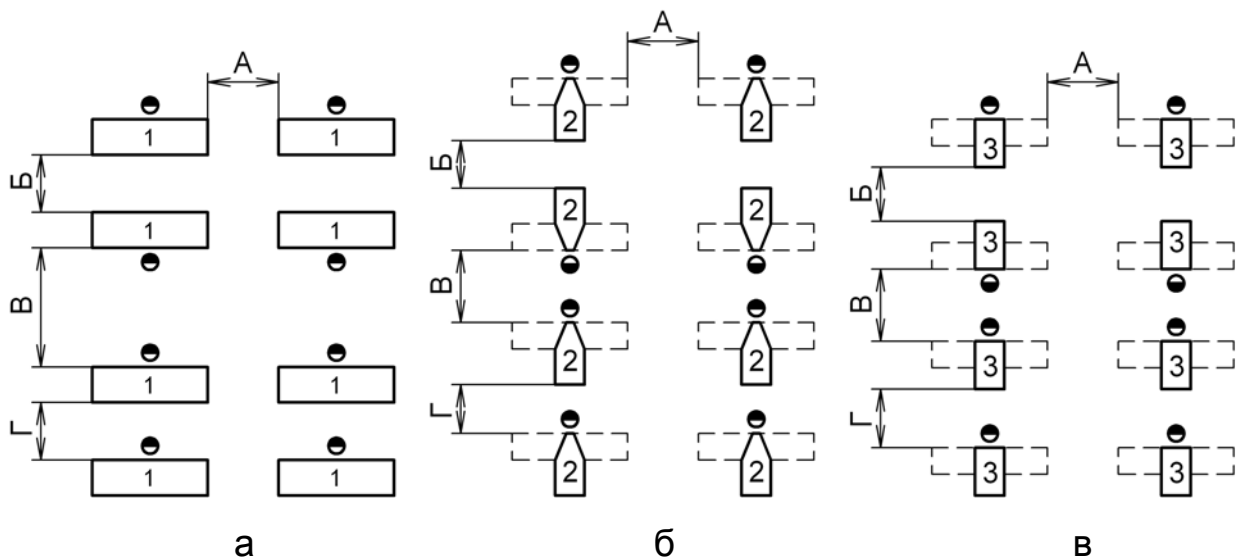


Рисунок 4.9 – Відстані між устаткуванням при різному їх розташуванні:  
 А; Б; В; Г – геометричні параметри розміщення устаткування (табл. 4.11);  
 1 – клепальний прес; 2 – свердлильна установка; 3 – пристрій

Таблиця 4.11 – Норми відстаней між устаткуванням при різному їх розташуванні (рис. 4.9)

Розмір	Норми відстаней від типу устаткування, м			Розмір	Норми відстаней від типу устаткування, м		
	1	2	3		1	2	3
А	0,8	0,8	1,0	В	2,2	1,8	1,6
Б	0,6	0,6	0,6	Г	1,6	1,0	1,0

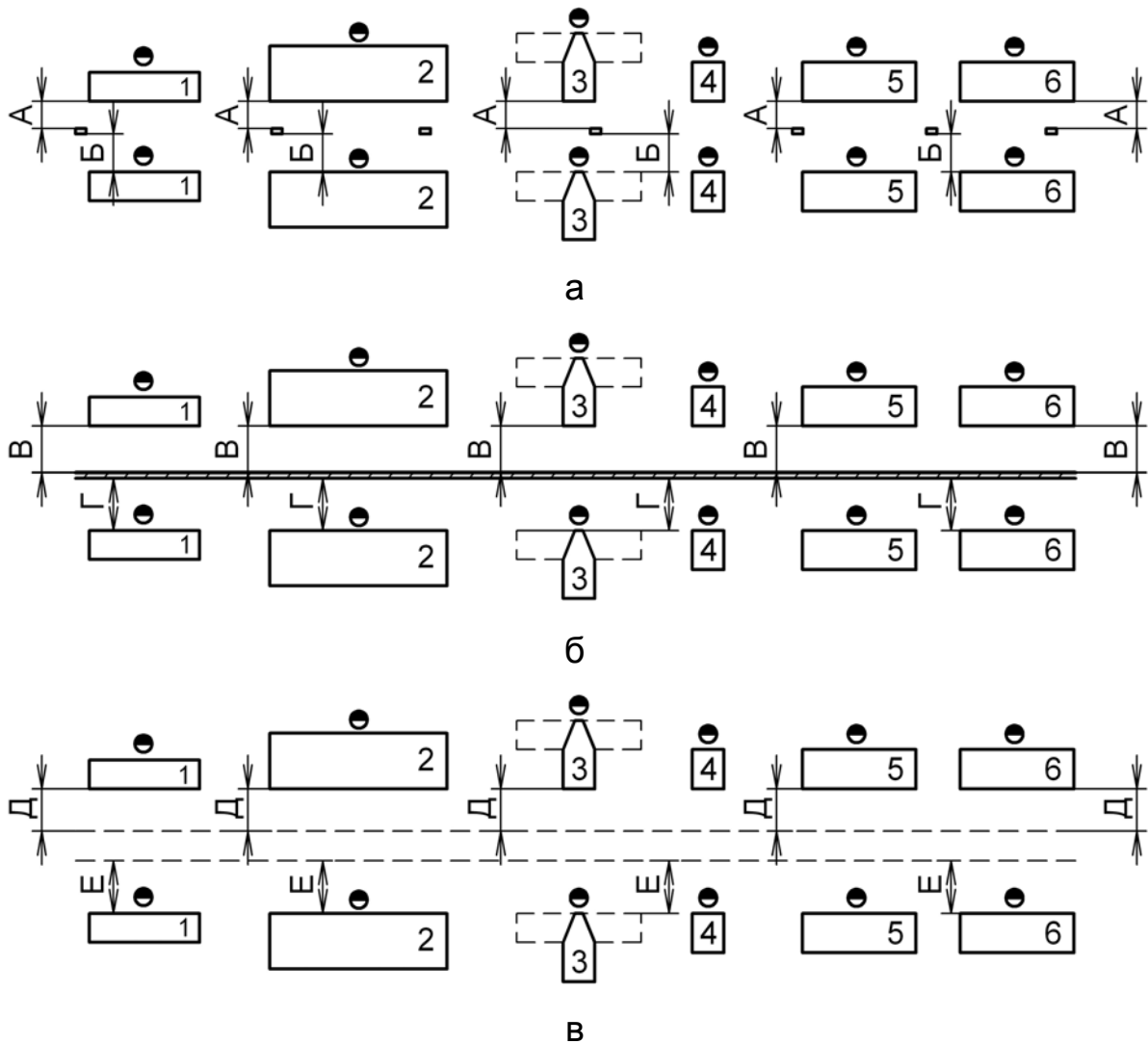


Рисунок 4.10 – Відстані від устаткування до елементів будівлі та межі проходу або проїзду:

А; Б; В; Г; Д, Е – геометричні параметри розміщення устаткування (табл. 4.12);  
 1 – пристосування; 2 – стапелі; 3 – клепальні преси; 4 – свердлильні установки;  
 5 – свердлильно-зенкувальні установки; 6 – стени позастапельної доробки

Таблиця 4.10 – Норми відстаней від устаткування до елементів будівлі та межі проходу або проїзду (рис. 4.10)

Розмір	Норми відстаней від типу устаткування, м						Розмір	Норми відстаней від типу устаткування, м					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
А	0,4	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	Г	1,4	2,0	1,8	1,8	1,8	1,4
Б	1,2	1,8	1,6	1,4	1,8	1,0	Д	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
В	0,6	1,0	0,6	0,6	0,8	0,8	Е	1,2	1,6	1,2	1,2	1,2	1,0

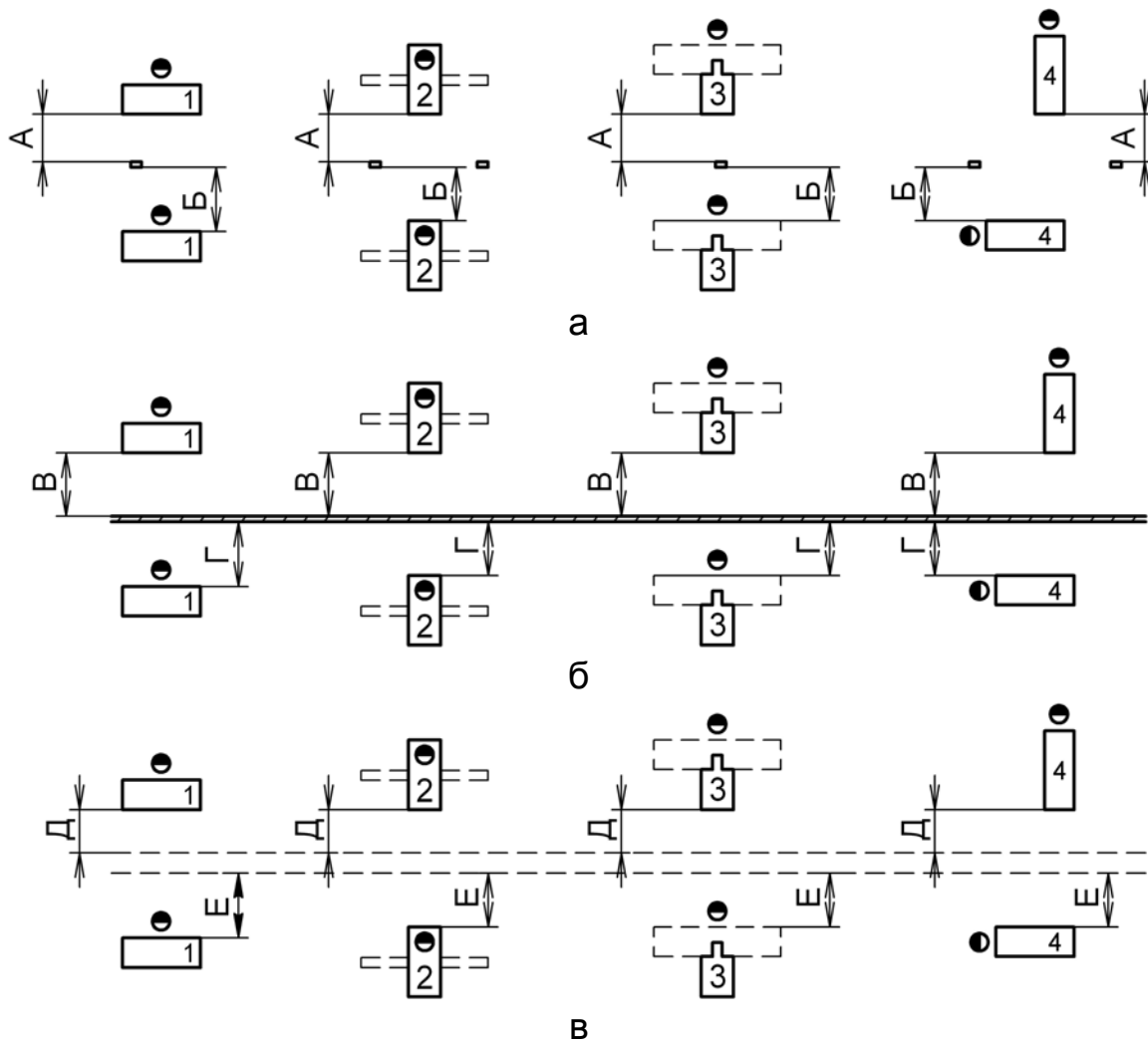


Рисунок 4.11 – Відстані від устаткування до елементів будівлі та межі проходу або проїзду:

A; Б; В; Г; Д, Е – геометричні параметри розміщення устаткування (табл. 4.13);

1 – пристрій для попереднього складання панелей та пристрій для нанесення клею; 2 – зварювальні машини з горизонтальним розташуванням електродів; 3 – зварювальні машини з вертикальним розташуванням електродів; 4 – сушильні печі (камери) полімеризації клею

Таблиця 4.13 – Норми відстаней від устаткування до елементів будівлі та межі проходу або проїзду (рис. 4.11)

Розмір	Норми відстаней від типу устаткування, м				Розмір	Норми відстаней від типу устаткування, м			
	1	2	3	4		1	2	3	4
A	0,8	0,8	0,8	0,8	Г	2,5...3,0	2,0...2,5	3,0...3,5	1,2
Б	2,0...2,5	1,5...2,0	2,5...3,0	1,0	Д	0,8	0,8	0,8	0,8
В	1,0	1,0	1,0	1,2	Е	2,0...2,5	1,5...2,0	2,5...3,0	1,0

## **5. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХІВ ПОПЕРЕДНЬОГО І ОСТАТОЧНОГО СКЛАДАННЯ ЛІТАКІВ**

### ***5.1. Призначення, склад і характеристика цехів попереднього і остаточного складання літаків***

Цехи попереднього і остаточного складання літаків призначено для стикування й нівелювання агрегатів, тобто складання планера літака, для монтажу на ньому шасі, усіх бортових систем (які раніше не були встановлені в агрегатно-складальних цехах), їх випробувань і регулювання, для встановлення двигунів та їх агрегатів. При кількості виробничих робітників на складально-монтажних операціях менше 500 цех попереднього і остаточного складання проектується як один об'єднаний цех.

При роздільному проектуванні до складу цеху попереднього складання входять такі основні виробничі відділення:

- головний конвеєр попереднього складання – монтажу планера з урахуванням нульових нерухомих стендів для стикування агрегатів планера;
- відділення підготовки двигунів;
- відділення складання трубопроводів;
- відділення монтажу кисневого трубопроводу та кисневого обладнання;
- відділення виготовлення електроджгутів і монтажу блоків електро- та радіообладнання.

У свою чергу, при роздільному проектуванні до складу цеху остаточного складання входять:

- головний конвеєр остаточного складання літака;
- відділення радіолокаційного обладнання;
- відділення електронного обладнання;
- відділення висотного обладнання;
- відділення електрообладнання;
- ділянки спеціального обладнання;
- контрольно-регульовальна станція, до складу якої входять стенди для перевірки гідравлічних систем, герметичності кабін, стенди для перевірки паливних систем тощо.

Крім виробничих відділень до складу цеху попереднього і остаточного складання також входять:

1. Допоміжні й побутові служби, що містять майстерню цехового механіка, майстерню з ремонту пристроїв і пультів, побутові приміщення.

2. Різного роду склади для зберігання нормалей, готових виробів, шасі, мотоголдол і вузлів керування; склад пристроїв та інструментально-роздавальна комора; передбачається також склад комплектування дорогого обладнання, яке знімається.

3. Службові приміщення, до яких належать кімнати адміністративно-технічного персоналу (начальника цеху, його заступників, технічного бюро, диспетчерська тощо), громадських організацій і побутові приміщення.

На складання мають надходити готові агрегати з виконаними в заданому обсязі монтажами бортових систем. У цеху попереднього складання агрегати зістикують, установлюють шасі, макети двигунів, виконують нівелювання літака. В цеху остаточного складання проводять роботи з установлення елементів теплозвукоізоляції внутрішніх кабін і салонів літака, монтажу двигунів і допоміжних силових установок, раніше не встановлених бортових систем і внутрішнього обладнання, роботи зі з'єднання проводок у місцях рознімання; виконують контроль і випробування систем за допомогою спеціальних пультів і стендів.

До складу типових операцій зі стикування агрегатів в цеху попереднього і остаточного складання входять такі види робіт:

- установлення агрегатів у лінію польоту;
- підведення агрегату, що пристиковується до збігання поверхонь, які сполучаються, і стикових отворів;
- установлення стикових болтів, їх затягування та контроль;
- перевірка геометричних параметрів агрегатів після стикування та нівелювання планера літака в цілому.

Процеси стикування в серійному виробництві слід механізувати, застосовуючи нівеліровочні стенди з реперними пристроями для перевірки положення нівеліровочних точок літака.

Після стикування агрегатів виконують роботи з розміщення систем та устаткування, що полягають у такому:

- монтаж силових установок і систем управління ними;
- монтаж шасі, систем управління ними і стулками шасі;
- монтаж систем управління літаком – управління рулями, елеронами, закрилками, передкрилками, щитками;
- монтаж паливної системи: розміщення баків, трубопроводів, приладів та обладнання системи;
- монтаж інших трубопровідних систем: гідравлічної, пневматичної, масляної, кондиціонування, протиобледеніння; протипожежної тощо;
- монтаж систем електро-, радіо- та світлообладнання літака;

- монтаж електронного та спеціального обладнання;
- монтаж сидінь екіпажу, пасажирських крісел, побутового обладнання.

Для зменшення трудомісткості складально-монтажних робіт в цеху попереднього і остаточного складання частину робіт з монтажу бортових систем слід переносити в агрегатні цехи. Це також дозволяє скоротити виробничу площу цеху попереднього і остаточного складання.

Організація робіт в цеху попереднього і остаточного складання за потоковим методом також зменшує трудомісткість складально-монтажних робіт та їхній загальний цикл. Цьому сприяє поопераційне опрацювання техпроцесів, спеціалізація виконавців за постійними операціями, скорочення транспортних шляхів на технологічних лініях.

### ***5.2. Вихідні дані й особливості проектування цехів попереднього і остаточного складання літаків***

Вихідними даними, на основі яких розробляються проекти цехів попереднього і остаточного складання літаків, є:

1. Програма випуску літаків.
2. Технічні умови на поставку агрегатів.
3. Технічні умови на стикування агрегатів літака.
4. Відомість монтажів, що виконуються в цеху.
5. Директивні технологічні матеріали від конструкторського бюро (КБ) на серійне виробництво літака.
6. Технічні умови на монтаж бортових систем літака.
7. Робочі техпроцеси на стикування агрегатів і монтаж бортових систем, шасі, двигунів тощо.
8. Стендовий розподіл робіт на головному конвеєрі цеху та цикловий графік робіт усіх стендових завдань з урахуванням розрахункового такту.
9. Креслення загальних видів літака та монтажні схеми його бортових систем; схема конструктивно-технологічного членування літака.
10. Відомість ваги агрегатів і вагові дані зібраного літака із значенням реперних і такелажних точок.
11. Технічні умови контролю, випробувань і відпрацьовування систем літака.

До технологічних процесів складально-монтажних робіт в цеху попереднього і остаточного складання ставлять такі вимоги:

- техпроцес складально-монтажних робіт повинен мати мінімальну трудомісткість; стендові завдання мають бути скомплектовані таким чином, щоб вилучались роботи з підгону; операції з утворенням стружки не допускаються;
- організація техпроцесу в цілому має забезпечувати мінімальний цикл складально-монтажних робіт;
- найбільш раціональною є організація складально-монтажних робіт за принципом потокового виробництва;
- технологічний процес, як і конструкція сучасних літаків, має передбачати можливість наземного відпрацьовування систем бортового обладнання літака в умовах цеху попереднього і остаточного складання.

### **5.3. Розрахунок кількості складальних пристроїв, устаткування, робітників і площі цехів попереднього і остаточного складання літаків**

Безперервно діючий конвеєр є більш високою формою організації виробництва порівняно з пульсуючими конвеєрними лініями. Характерними рисами безперервного потоку є: чіткий робочий техпроцес, розроблений за принципом стендових завдань; суворі синхронізація стендових завдань за часом; примусовість руху конвеєрної лінії, розділеної на робочі зони довжиною в стенд для складання або монтажу.

Такт випуску літаків  $\tau$ , тобто проміжок часу, через який зібраний літак виходить із головного конвеєра, визначають виходячи з програми випуску в планований відрізок часу та дійсного фонду часу робочих місць за формулою

$$\tau = \frac{\Phi_{НО} \cdot k_{уст}}{N} = \frac{\Phi_{ДО}}{N}, \quad (5.1)$$

де  $\Phi_{НО}$  – номінальний річний фонд часу роботи конвеєра складання літаків, год; тут  $\Phi_{НО} = m \cdot \Phi_{НО1змін}$ ;

$\Phi_{ДО}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи конвеєра, год; тут  $\Phi_{ДО} = m \cdot \Phi_{ДО1змін}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$N$  – річна програма випуску літаків, шт.;

$k_{уст}$  – коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт устаткування на конвеєрній лінії,  $k_{уст} \approx 0,97$ .

Кількість робочих зон  $Z_p$ , або розрахункова кількість стендів на конвеєрній лінії для кожного типу монтажних робіт, визначається виразом

$$Z_p = \frac{T_{\text{монт}}}{\tau \cdot n}, \quad (5.2)$$

де  $T_{\text{монт}}$  – трудомісткість даного монтажу на конвеєрі на одиницю виробу, год;

$\tau$  – такт випуску виробів з конвеєра, год;

$n$  – кількість робітників, що одночасно працюють у робочій зоні.

Кількість робочих зон на всьому конвеєрі дорівнюватиме сумі зон для всіх монтажних робіт. Довжина робочої зони дорівнює відстані, яку пройде виріб за час виконання робіт, закріплених за даним стендом, і визначається співвідношенням

$$L = a_{cm} + b, \quad (5.3)$$

де  $a_{cm}$  – довжина візкового стенда конвеєра, що залежить від габаритів виробу, м;

$b$  – відстань між двома суміжними стендами на конвеєрній лінії, м.

Швидкість руху конвеєра слід приймати такою, яка не впливала б на якість виконання монтажних робіт. Швидкість переміщення для конвеєра безперервної дії приймається такою, що дорівнює 0,25...3,5 м/хв.

Довжину всього конвеєра  $L_{\text{кон}}$  визначають за формулою

$$L_{\text{кон}} = 60\tau v (\sum Z_p + \sum Z_k), \quad (5.4)$$

де  $\tau$  – такт випуску виробів з конвеєра, год;

$v$  – швидкість переміщення конвеєрної лінії, м/хв;

$\sum Z_p$  – сумарна кількість робочих зон для кожного виду монтажних робіт;

$\sum Z_k$  – сумарна кількість контрольних зон,  $Z_k \approx 0,1 \cdot Z_p$ .

Площа  $S$ , зайнята конвеєром, визначається виразом

$$S = L_{\text{кон}} (B_{\text{кон}} + 2\Pi), \quad (5.5)$$

де  $L_{\text{кон}}$ ,  $B_{\text{кон}}$  – довжина та ширина конвеєрної лінії відповідно, м;

$\Pi$  – ширина проходу по сторонах конвеєра,  $\Pi \approx 3...6$  м.

Позастапельні роботи (попередній монтаж джгутів, трубопровідних блоків, різного обладнання тощо) можуть бути організовані також у вигляді потокового виробництва, але виконуються як ручні роботи на стаціонарних робочих місцях. Наприклад, майстерня складання електроджгутів обладнується плазовими та монтажними столами, ширина яких становить 750...800 мм, довжина – до 1500 мм, висота – 850...900 мм.

Розрахунок кількості стендів, стапелів або робочих місць при стаціонарному складанні в цеху попереднього і остаточного складання виконується в такий спосіб.



Визначається продуктивність  $R$  станда, стапеля або робочого місця

$$R = \frac{\Phi_{НО} \cdot k_{уст}}{T_c} = \frac{\Phi_{ДО}}{T_c}, \quad (5.6)$$

де  $\Phi_{НО}$ ,  $\Phi_{ДО}$  – номінальний і дійсний річний фонд часу роботи стапеля складання або станда відповідно, год;

$T_c$  – сумарна трудомісткість робіт на стапелі або стенді, год;

$k_{уст}$  – коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт устаткування.

Визначення кількості стандів і стапелів  $C_P$  для складальних робіт можна виконувати за укрупненою трудомісткістю та цикловим часом

$$C_P = \frac{T_c \cdot N}{\Phi_{ДО} \cdot n}; \quad (5.7)$$

$$C_P = \frac{Ц \cdot N}{\Phi_{ДО}}, \quad (5.8)$$

де  $T_c$  – трудомісткість робіт на стапелі або стенді, год;

$N$  – річна програма випуску літаків;

$Ц$  – цикл знаходження виробу в стапелі або на стенді, год;

$\Phi_{ДО}$  – дійсний (розрахунковий) фонд часу роботи стапеля, год;

$n$  – щільність робіт або кількість робітників, які одночасно працюють на стапелі або стенді, чол.

Склад працюючих в цеху попереднього і остаточного складання поділяється на такі категорії:

- виробничі робітники;
- допоміжні робітники;
- інженерно-технічні працівники (ІТП);
- лічильно-конторський персонал (ЛКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Кількість виробничих робітників визначається підсумовуванням кількості складальників, що працюють на стаціонарних стандах, стапелях або на конвеєрній лінії, та слюсарів-складальників або випробувачів, які працюють на позастапельних ділянках.

Кількість збирачів, що працюють на потоковій лінії, визначається залежно від такту випуску літаків з головного конвеєра та операцій монтажу і складання.

Розрахункова кількість робітників-збирачів  $P_{P_{кон}}$  на стандах головного конвеєра для кожного виду монтажних робіт визначається формулою

$$P_{P_{\text{кон}}} = \frac{T_c}{\tau}, \quad (5.9)$$

де  $T_c$  – трудомісткість складально-монтажних робіт, год;  
 $\tau$  – такт випуску виробів з конвеєра, год.

Загальна розрахункова кількість складальників на конвеєрній лінії дорівнює сумі робітників на складальних або монтажних стендах за всіма видами робіт.

Коефіцієнтом завантаження  $K_3$  робочого місця (стенда або стапеля) на конвеєрі є відношення розрахункової кількості робітників до її прийнятого значення:

$$K_3 = \frac{P_p}{P_{\text{п}}}, \quad (5.10)$$

де  $P_p$  – розрахункова кількість виробничих робітників на складально-монтажній конвеєрній лінії;

$P_{\text{п}}$  – прийнята кількість виробничих робітників.

Кількість виробничих робітників  $P_p$  при стаціонарному складанні визначається виразом

$$P_p = \frac{T_c \cdot N}{\Phi_{\text{др}}}, \quad (5.11)$$

де  $\Phi_{\text{до}}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи стапеля складання або стенда, год;

$N$  – річна програма випуску літаків.

Аналогічним чином визначається кількість слюсарів-складальників на позастапельних і позастендових роботах.

Кількість допоміжних робітників, ІТП, ЛКП і МОП визначається за штатним розкладом або за нормами технологічного проектування (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Норми для визначення кількості допоміжних робітників, ІТП, ЛКП, МОП залежно від кількості виробничих робітників

Кількість виробничих робітників у цеху	Допоміжні робітники	ІТП	ЛКП	МОП
До 100	35 %	30 %	3,5 %	2,0 %
Від 101 до 200	30 %	25 %	3,0 %	1,5 %
Від 201 до 400	25 %	20 %	2,5 %	1,0 %
Понад 400	20 %	15 %	2,0 %	0,8 %

Після визначення кількості робочих зон або місць, а також кількості працюючих у цеху попереднього і остаточного складання приступають до розрахунку виробничих площ. Технологічні норми площі на робоче місце наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Норми питомих виробничих площ на одиницю встаткування або робочого місця

Назва цеху	Номенклатура робочих місць та устаткування	Середня площа на одиницю устаткування або робочого місця, м <sup>2</sup>		
		Клас літака		
		Легкі	Середні	Важкі
Цех попереднього складання літаків	Столи та верстати в слюсарно-складальних майстернях	10	12	15
	Складальні стенди – зістиковані відсіки без консолей крила	120	150	240
Цех остаточного складання літаків	Столи та верстати в слюсарно-складальних майстернях	10	12	15
	Складальні стенди – планер літака з установленим крилом	Габарити літака + 20% на розрив між стендами		

Для магістральних (загалькорпусних) проїздів в цеху попереднього і остаточного складання призначається питома частка площ, що становить 4...8% від загальної площі корпусу.

Використовуючи питомі норми та знаючи кількість робочих місць, визначають попередню розрахункову площу цеху для призначення габаритів складального корпусу і розроблення компоновання виробничих відділень і допоміжних служб цеху.

Площа виробничого відділення визначається співвідношенням

$$S_P = C_{\Pi} S_{\text{пит}}, \quad (5.12)$$

де  $C_{\Pi}$  – прийнята кількість стендів, стапелів, робочих місць для складально-монтажних робіт, шт.;

$S_{\text{пит}}$  – питома площа на одиницю робочого місця, м<sup>2</sup>.

Уся виробнича площа цеху визначається як сума площ усіх відділень.

Допоміжні та складські площі у відділенні головного конвеєра цеху призначають 8...10% від виробничих площ, а для відділень позастанпельного складання – 20...25% від виробничої площі відділення.

#### **5.4. Компонування і планування цехів попереднього і остаточного складання літаків**

Компонування цеху попереднього і остаточного складання може бути виконано в декількох варіантах:

1. Розміщення цеху попереднього і остаточного складання в одному блоці з агрегатно-складальними цехами, які примикають з одного боку, а з іншого – знаходяться побутові служби даного цеху. У низькій зоні цеху розміщуються всі майстерні позастандогового складання. Перевага цього варіанта полягає в тому, що він повністю відповідає вимогам потокового виробництва, легко вирішуються питання транспортування агрегатів, подачі їх на стенди головного конвеєра, забезпечується постійна температура в усіх цехах.

2. Цех попереднього і остаточного складання розміщується у вигляді середньої зони, де з одного боку примикають агрегатно-складальні цехи, а з іншого – механоскладальні цехи, що забезпечують цей цех деталями і вузлами бортових систем літака. Крім переваги – передачі готових виробів з агрегатно-складальних цехів, цей варіант має такий основний недолік – механоскладальні цехи відокремлені від механічних цехів, що виготовляють деталі різанням, і від агрегатно-складальних цехів.

3. Цехи попереднього і остаточного складання розміщуються в окремо розташованих корпусах прямокутної форми. Недоліки цього варіанта:

- зв'язок між цехами-постачальниками неминуче має здійснюватися вулицею;
- подовжуються транспортні комунікації;
- при транспортуванні агрегатів виникає велика кількість перевалочних операцій.

Після вибору схеми компоновки цеху попереднього і остаточного складання визначаються його характеристики.

На першому етапі призначаються величини прольоту. Роботи в цеху попереднього і остаточного складання починаються зі стикування агрегатів, у тому числі встановлюються консолі крила. Тому розмах крила літака є основним параметром до визначення величини прольоту цеху. Універсальність розмірів прольотів ураховує перспективу складання літаків різних габаритів.

Рекомендовані прольоти: для складання літаків легкого типу – 36 м; для літаків середнього типу – 60 м; для широкофюзеляжних літаків важкого типу – 100 м.

Планування цеху попереднього і остаточного складання характеризується тим, що розмір і висоту прольоту призначають за габаритними розмірами перспективного літака. Розміщувати літаки можна як уздовж, так і під кутом до повздовжньої осі прольоту цеху.

Норми відстаней від стендів або стапелів до елементів споруд цеху наведено в табл. 5.3 і на рис. 5.1.

Таблиця 5.3 – Норми відстаней між стендами (стапелями) і елементами споруд цеху попереднього і остаточного складання (рис. 5.1)

Відстань	Розмір	Норми відстаней, м		
		Клас літаків		
		Легкі	Середні	Важкі
Між стіною, колоною та стендом	А	3	3,5	4
Між стендами по довжині	Б	3	3,5	4
Між лініями літаків	В	4	4,5	5
Між воротами та літаком	Г	5	5	5

Планування може передбачати в складі цеху контрольно-іспитову станцію для комплексного відпрацьовування систем літака. За необхідності до цеху може бути додано бокс для випробувань двигунів літака.

Якщо, крім перспективи складання літака важкого типу, в цеху попереднього і остаточного складання необхідно виконувати складання літака з крилом меншого розмаху, то в прольоті розміщують дві або кілька технологічних ліній: перша – лінія безкрилих машин, друга – лінія літаків з установленими консолями крила.

Лінія безкрилого літака починається з першого стенда, на якому виконується стикування фюзеляжу. Складання літака з крилом починається з шостого стенда, де здійснюється пристиковування консолей крила. Такі стенди призначено для установлення двигунів, шасі та монтажу систем літака.

Довжина цеху визначається розрахунком кількості стаціонарних робочих місць або загальної довжини конвеєрної лінії складання.

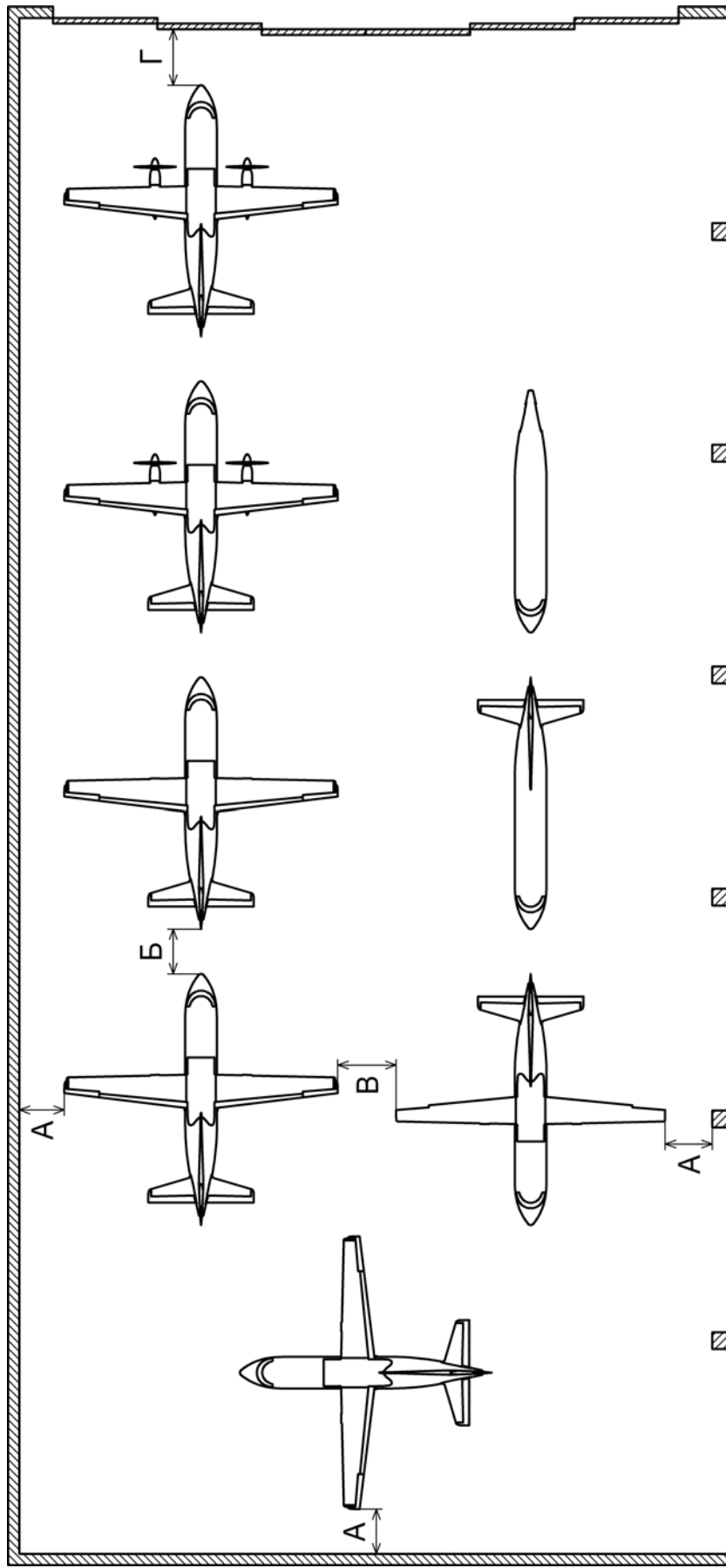


Рисунок 5.1 – Норми відстаней між складальними стапелями або стендами й елементами споруд цеху попереднього і остаточного складання літаків:

A; B; Γ – геометричні параметри розміщення літаків у цеху (табл. 5.3):

A – відстань між стіною, колоною та стендом; B – відстань між стапелями або стендами по довжині;

B – відстань між лініями літаків; Γ – відстань між воротами та літаком

## 6. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ АЕРОДРОМНИХ ЦЕХІВ

### 6.1. Призначення, склад і характеристика аеродромних цехів

Аеродромний цех призначено для проведення наземних і польотних випробувань літаків і вертольотів.

У цеху відпрацьовується, доводиться до робочого стану, а потім перевіряється в повітрі все бортове обладнання та поведінка ЛА в польоті. При цьому питома вага трудомісткості всіх випробувальних процесів становить до 10% від загальної трудомісткості виготовлення ЛА.

До складу виробничих відділень цеху входять:

- відділення наземної підготовки літаків або вертольотів, де в спеціальному корпусі виконується підготовка літаків до польотних випробувань;
- відділення доведення літаків, усі роботи в якому виконуються в спеціальному ангарі;
- служби відпрацьовування спеціального обладнання, яке виконується в ангарі або на спеціальних майданчиках;
- механізований майданчик для списування магнітної та радіодевіації (девіаційний круг);
- майданчик для відпрацьовування піромеханізмів;
- налагоджувально-випробувальний майданчик (НВМ);
- майданчик або радіолокаційна станція для відпрацьовування радіолокаційного обладнання;
- руліжні доріжки (РД);
- якірні стоянки (ЯС);
- злітно-посадочна смуга (ЗПС);
- будівлі, споруди та обладнання для сліпої посадки.

На гідродромах необхідно передбачати гідропуски, акваторії для злітно-посадочних операцій та якірні стоянки.

До складу допоміжних ділянок входять:

- командно-диспетчерський пункт (КДП);
- будівля льотно-випробувальної служби (ЛВС);
- будівля команди аеродромного обслуговування (КАО);
- гараж спеціальних автомашин;
- метеорологічний майданчик;
- майстерня механіка цеху;
- енергетичні пристрої;
- акумуляторна зарядна станція;
- компресорна станція високого тиску;
- киснево-азотна станція.

## **6.2. Вихідні дані й особливості проектування аеродромних цехів**

Цех остаточного складання випускає літаки після контрольних операцій, остаточну передполітну перевірку системи літаків проходять в аеродромному цеху. При цьому контрольно-випробувальна станція організується при аеродромному цеху.

Контрольно-випробувальна станція аеродромного цеху має бути обладнана необхідною апаратурою, спеціальними стендами, які дають можливість імітувати процеси, що відбуваються в польоті та на землі.

До складу контрольно-випробувальної станції також мають входити стенди для перевірки працездатності систем ЛА та бортового обладнання з працюючими двигунами, а також стенди для перевірки роботи силових установок літаків.

В обсязі робіт аеродромного цеху обов'язковим є також контроль ЛА в повітрі та перевірка таких систем, які випробувати на землі неможливо.

Вихідними даними для проектування аеродромних цехів є:

1. Річний випуск літаків, що підлягають відпрацюванню та польотним випробуванням.

2. Дані про літаки, які будуть проходити польотні випробування з аеродрому, що проектується (польотна маса і габарити літака, характеристика та схеми злітно-посадочних пристроїв, внутрішній тиск у пневматиках коліс).

3. Характеристика розбігу, злітної дистанції з набиранням висоти до 25 м, пробігу при посадці тощо.

4. Технічні умови на відпрацювання систем обладнання ЛА та керування літаками й вертольотами.

5. Технічні умови щодо програми літних випробувань літаків, для яких призначено аеродром.

6. Технологічний процес наземного відпрацювання служб літака.

## **6.3. Розрахунок кількості устаткування, робітників і площі аеродромних цехів**

Устаткування аеродромних цехів можна класифікувати в такий спосіб:

1. Технологічне устаткування для підготовки систем до польотів.
2. Устаткування загального призначення.



3. Споруди, комунікації, джерела енергопостачання та газопостачання.

4. Устаткування виявлення та наведення на ціль.

5. Устаткування метеослужби.

До складу першої групи *технологічного устаткування* для підготовки систем до польотів входять контрольні-випробувальні засоби, тобто стаціонарні та пересувні механізовані стенди для автономного і комплексного контролю бортового обладнання (електро-, пневмо-, гідросистем, систем управління, висотних кисневих систем, систем аеронавігаційного, радіо- і радіолокаційного обладнання та силових установок), девіаційні поворотні пристрої для повороту літаків на 360° при списанні девіації й спеціальні стенди для контролю вертолітних систем «крок-газ» та автомата перекошу, лопаті та втулки несучого гвинта, трансмісії тощо.

У групу *устаткування загального призначення* входять:

– універсальні живильні, заправні засоби, для відпрацювання – живильні електро-, пневмо- та гідроагрегати, змонтовані на автомобільному шасі;

– заправні агрегати: паливозаправники, маслозаправники, повітрозаправники, аеродромна киснево-зарядна станція, заправники вогнегасящими засобами (вуглекислим газом, азотом);

– відпрацьовуючі агрегати для гідросистем літаків і вертольотів – агрегати-автомобілі.

До розряду транспортних і вантажопідйомних машин належать агрегати, а також самохідні підйомні крани, самохідні майданчики, гідравлічні підйомні крани на автомобільному шасі, вантажні візки та моторолери.

До спеціальних машин, що входять у групу устаткування загального призначення, належать: мийна машина, призначена для видалення з поверхні літака за допомогою особливого миючого складу нагару, кіптяви та масел; машина для видалення снігу з поверхні літака; автощітки з магнітними пристроями, які використовуються для прибирання злітно-посадочних смуг і руліжних доріжок, а також спеціальні установки, що знімають крижану кірку зі злітно-посадочних смуг та руліжних доріжок.

До категорії засобів малої механізації належать: уніфіковані гідропідйомники, драбини, засоби для втримання літаків при прогоні двигунів, шумоглушильні установки.

До третьої групи – *спорудження, комунікації та джерела електропостачання й газопостачання* – належать:

- склади пального й масел, склади запчастин і склади спеціального призначення;
- ангари, бокси для відпрацювання, тири, службові приміщення, побутові приміщення, санпропускники;
- джерела електро- і газопостачання; пересувні та стаціонарні генераторні станції, підстанції, компресорні, аердромні киснедобуваючі станції, акумуляторні зарядні станції;
- до комунікацій і доріг: злітно-посадочні смуги (ЗПС), руліжні доріжки (РД) і під'їзні колії на м'якому й твердому ґрунті та на металевих ґратах, сигнальні вогні, паливопроводи централізованого постачання пального, рухомі та стаціонарні комунікації й колектори, засоби захисту від грози.

До четвертої групи – *обладнання виявлення й наведення на ціль* – належать: радіостанції, пересувні та стаціонарні, далекого й близького виявлення, наведення, привідні радіостанції, системи сліпої посадки, телефонний і радіозв'язок, поворотні антенні пристрої, обчислювальні центри, командні пункти.

П'ята група поєднує комплекс *обладнання метеослужб*.

Наведений перелік не вичерпує всього складу обладнання, а лише є орієнтовним мінімумом, який необхідно для контрольно-випробувальних і довідних робіт, а також робіт з обслуговування літнього поля.

Розрахунок робочих місць виконується виходячи з трудомісткості відпрацювання літака за видами робіт.

При розробленні технологічного процесу і компонуванні стендових завдань необхідно так підбирати операції технологічного процесу, щоб трудомісткість кожного стенда дорівнювала (або була кратною) такту роботи складально-монтажної лінії літака.

Кількість стендів  $C_P$  для кожного виду робіт визначають за формулою

$$C_P = \frac{T_C \cdot N}{\Phi_{до} \cdot n}, \quad (6.1)$$

де  $T_C$  – трудомісткість виду робіт на одиницю виробу, год;

$\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи устаткування (обладнання), год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1зміна}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$N$  – річна програма випуску літаків;

$n$  – щільність робіт або кількість робітників, що одночасно працюють на даному робочому місці, чел.

*Виробничі робітники.* До цієї категорії належать робітники, які зайняті відпрацьовуванням виробу.

Кількість виробничих робітників за видами робіт визначається співвідношенням

$$P_p = \frac{T_c \cdot N}{\Phi_{др}}, \quad (6.2)$$

де  $T_c$  – трудомісткість даного виду робіт, год;

$\Phi_{др}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу робітника, год;

$N$  – річна програма випуску літаків.

*Допоміжні робітники.* Ця група об'єднує робітників, що виконують допоміжні процеси, не пов'язані з відпрацьовуванням виробу: робітників цехового механіка, електромонтерів, комірників, транспортних робітників, такелажних робітників, контролерів тощо.

*Інженерно-технічні працівники (ІТП).* До категорії ІТП належать: начальник цеху, заступники начальника цеху, змінні майстри, начальники бюро, інженери з обслуговування літака, технологи відділення, льотно-піднімальний склад, конструктори, планувальники ділянок, нормувальники, економісти тощо.

*Лічильно-конторський персонал (ЛСП).* До цієї категорії належать: табельники, нарядники, обліковці, конторники, завгоспи тощо.

*Молодший обслуговуючий персонал (МОП).* До цієї категорії належать: прибиральники допоміжних приміщень, кур'єри, гардеробники тощо.

Всі категорії працюючих визначаються або за штатним розкладом, який складено для кожного цеху, або за нормами технологічного проектування (табл. 6.1).

Технологічні норми та геометричні параметри корпусів для наземного відпрацьовування літаків на аеродромі приймають по табл. 6.2.

Таблиця 6.1 – Норми для визначення кількості допоміжних робітників, ІТП, ЛКП, МОП залежно від кількості виробничих робітників

Кількість виробничих робітників	Допоміжні робітники	ІТР	ЛКП	МОП
До 200 чол.	48 %	30 %	3 %	1,5 %
До 400 чол.	43 %	25 %	2%	1 %

Таблиця 6.2 – Рекомендовані параметри корпусів для наземного відпрацювання літаків

Клас літаків	Питома площа на одне робоче місце, м <sup>2</sup>	Розмір прольоту, м	Висота до нижнього поясу ферм, м	Допоміжна площа в % від основної
Легкі	350	36...60	16...18	30 %
Середні	900	60	18	40 %

*Примітка.* Відпрацювання літаків важкого типу доцільно вести на відкритих налагоджувально-випробувальних майданчиках, тому що розміри корпусів льотно-випробувальної станції можуть досягати розмірів складального цеху.

Прибудова для виробничих відділень, що не потребує висоти, має бути виконана за типом побутових приміщень із сіткою колон 6 × 6 м.

Цикл відпрацювання літака  $\zeta$  визначається формулою

$$\zeta = \frac{T_e}{n}, \quad (6.3)$$

де  $T_e$  – трудомісткість відпрацювання літака, год;

$n$  – кількість робітників, одночасно зайнятих відпрацюванням літака.

Такт роботи аеродромного цеху  $\tau$  визначається співвідношенням

$$\tau = \frac{\Phi_{до}}{N}, \quad (6.4)$$

де  $\Phi_{до}$  – дійсний (розрахунковий) річний фонд часу віддачі робочого місця, год; тут  $\Phi_{до} = m \cdot \Phi_{до1змін}$ ;

$m$  – кількість змін роботи;

$N$  – річна програма випуску літаків.

При цьому кількість літаків  $Q$ , що одночасно відпрацьовуються, визначається виразом

$$Q = \frac{T_e \cdot N}{\Phi_{до} \cdot n} = \frac{T_e}{\tau \cdot n} = \frac{\zeta}{\tau}, \quad (6.5)$$

де  $\zeta$  – цикл відпрацювання літака в аеродромному цеху, год;

$\tau$  – такт роботи аеродромного цеху.

#### **6.4. Компонування і планування аеродромних цехів**

Умови організації закінченого комплексу виробничих операцій зі складання та випробування літаків потребує максимального наближення аеродрому до цеху остаточного складання.

Корпус підготовки літаків до польотних випробувань є однією з основних споруд аеродромного цеху, розміри якої визначаються за табл. 6.2.

Майданчики для прогону двигунів, які закриті навісом, визначаються з розрахунку 350 м<sup>2</sup> на один літак легкого типу та 900 м<sup>2</sup> – на літак середнього типу. Прогін двигунів важких літаків виконується на відкритих майданчиках.

Майданчик для відпрацьовування піромеханізмів призначено для відстрілу крісел пілотів, що катапультуються, який має бути обладнаний відповідним стендом для відпрацьовування піромеханізмів і приладів реєстрації їхніх параметрів.

Налагоджувально-випробувальні майданчики (НВМ) призначено для відпрацьовування систем літаків, для їхнього дозаправлення та підготовки до польотів. Налагоджувально-випробувальні майданчики виконуються в єдиному бетонному масиві. Пожежні розриви повинні бути через кожні 10 літаків, дистанція розриву визначається такою, що дорівнює 50 м.

При укрупнених розрахунках налагоджувально-випробувальних майданчиків і місць стоянок рекомендовано визначати площу на один літак з урахуванням площі руліжної доріжки (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Питома площа налагоджувально-випробувального майданчика на одиницю ЛА для літаків різного класу

Клас літаків	При однорядному розміщенні, м <sup>2</sup>	При дворядному розміщенні, м <sup>2</sup>
Легкі	880	710
Середні	2880	2560
Важкі	8500	7970

Місця стоянок літаків (МС) призначено для зберігання літаків і вертольотів до відправлення їх замовнику. Кількість літаків і вертольотів, розміщених на місцях стоянок, визначається з розрахунку добової програми випуску та кількості літаків, що відправляються замовнику.

Місця стоянок літаків також виконуються в єдиному бетонному масиві з тими ж протипожежними розривами, що й для налагоджувально-випробувальних майданчиків.

Розташування літаків на налагоджувально-випробувальних майданчиках і місцях стоянок, а також технологічні норми, що регламентують розриви між літаками, подано на рис. 6.1 та в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Геометричні параметри налагоджувально-випробувальних майданчиків і місць стоянок літаків

Клас літаків	Розміри, м				
	А	Б	В	Г	Д
Легкі	5	3	14	Довжина літака	Розмах крила літака
Середні	15	5	21		
Важкі	25	8	21		

У корпусі аеродромного обслуговування розташовуються приміщення для робітників і службовців, зайнятих обслуговуванням льотного поля, злітно-посадочної смуги, руліжних доріжок, а також приміщення для зберігання та поточного ремонту устаткування для догляду за аеродромом.

Довідні ангари – вид споруджень, призначених для доведення серійних літаків поза складальною лінією. Це доведення, як виняток, може знадобитися після першого польоту. Крім того, довідний ангар необхідний для робіт з модернізації літаків, що виконується на заводі.

Для забезпечення льотних випробувань літаків аеродромний цех повинен мати необхідний запас палива й мастильних матеріалів. Ці запаси зберігаються на складах, що входять до складу аеродромного цеху. Заправлення літаків здійснюється централізовано. До складу системи паливостачання входять паливосховище, зовнішні мережі з заправними колонками та зливними ємностями.

Льотно-випробувальна станція (ЛВС) складається з літного поля, смуг безпеки, смуг повітряних підходів, приаеродромного майданчика, будівлі командно-диспетчерського пункту, радіо- та світлотехнічного обладнання смуги.

У будівлі командно-диспетчерського пункту (КДП) розміщуються засоби радіозв'язку та радіолокаційних пристроїв з системою їхнього живлення, а також приміщення для командного складу.

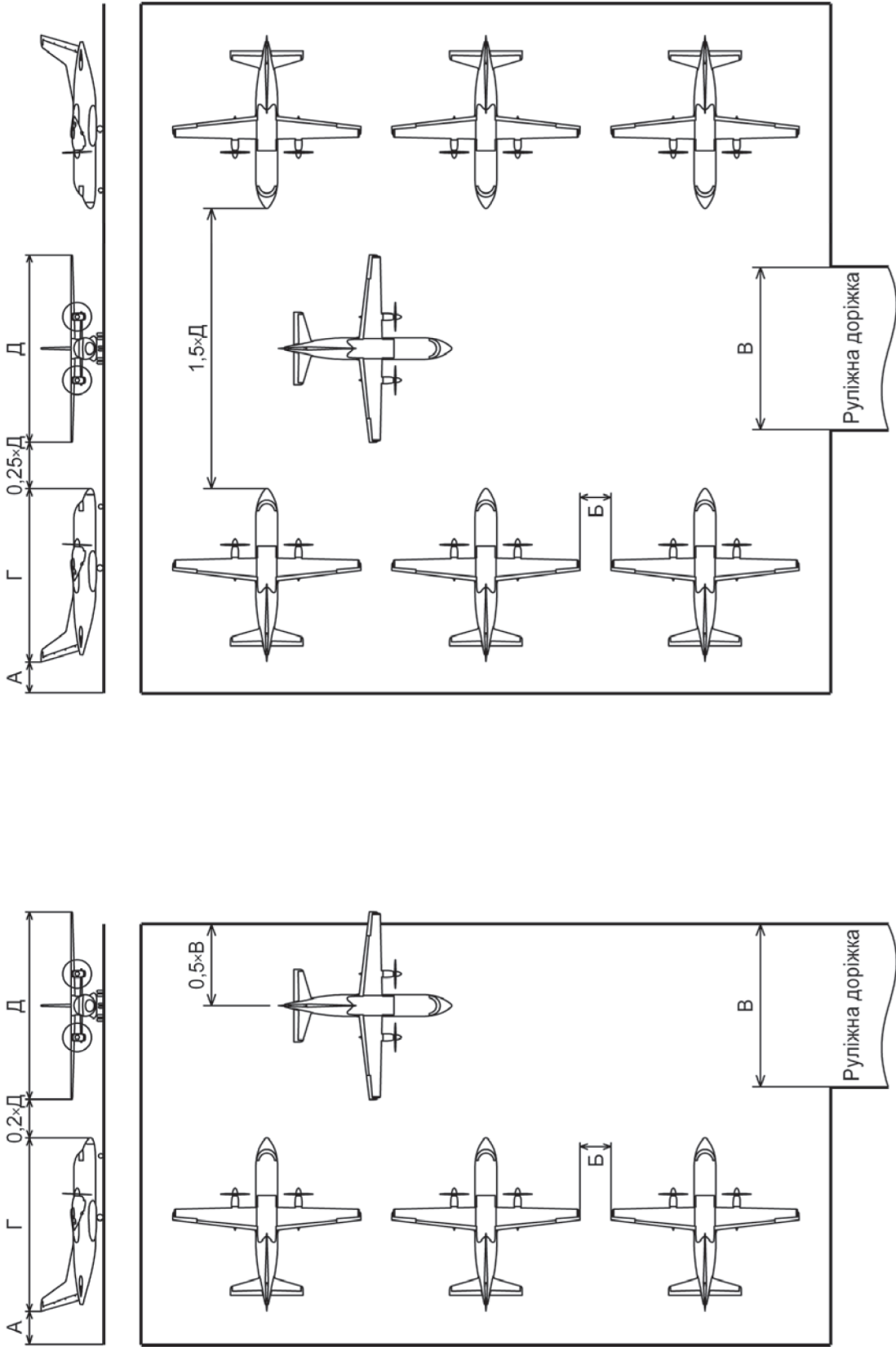


Рисунок 6.1 – Розташування літаків на налагоджувально-випробувальних майданчиках і місцях стоянок:  
 А; В; С; D – геометричні параметри розміщення літаків (табл. 6.4)

При проектуванні заводських аеродромів необхідно передбачати засоби заглушення шуму, що створюється працюючими двигунами під час наземного відпрацьовування літаків і вертольотів з метою виключення впливу цього шуму на людей, що працюють у промисловій зоні. Заглушення шуму до санітарно-припустимих норм є необхідним і для працюючих безпосередньо на території аеродромного цеху.

Основним елементом аеродрому є льотне поле. На льотному полі розташовуються льотна смуга (ЛС) та прилегла ділянка з руліжними доріжками.

*Льотною смугою* називається спеціально підготовлена й обладнана ділянка землі, призначена для розбігу, пробігу та витримування літаків при зльоті й посадці у двох взаємно протилежних напрямках.

До складу льотної смуги входять:

- робоча площа, призначена для розбігу й відриву літака від землі при зльоті та для приземлення й пробігу при посадці;
- бічні смуги безпеки, призначені для забезпечення безпеки при можливому відхиленні літака убік за межі робочої площі при зльоті або посадці;
- кінцеві смуги безпеки, необхідні для забезпечення витримування літаків при зльоті й посадці та можливого викочування літаків за межі робочої площі при посадці;
- злітно-посадочна смуга (ЗПС) зі штучним покриттям, призначена для забезпечення зльоту й посадки літаків у будь-який час року, та ґрунтова смуга, необхідна для аварійних посадок.

До льотного поля примикають руліжні доріжки (РД), які являють собою спеціально підготовлені дороги, призначені для рулювання при транспортуванні літаків за допомогою буксира. Руліжні доріжки можуть бути різних призначень:

- магістральні, які з'єднують кінці льотної смуги між собою, що проходять у районах місць стоянок і налагоджувальних майданчиків та з'єднують їх з кільцевими руліжними доріжками;
- сполучні, які з'єднують окремі спорудження з магістральною руліжною доріжкою;
- допоміжні, які зв'язують руліжні доріжки з окремими ділянками ЗПС у місцях закінчення пробігу літака, а іноді й у її середній частині.

Місця стоянок літака та налагоджувально-випробувальні майданчики перебувають у безпосередній близькості від ЗПС.

Прилегла до аеродрому місцевість, над якою літаки набирають висоту при зльоті й планерують при посадці, а також маневрують у повітрі при зльоті та заходять на посадку, називається *приаеродромною територією*.



Повітряний простір над цією територією називається *аероторією*.

Ділянки приаеродромної території, що примикають до кінців льотних смуг та розташовані в напрямку зльоту й посадки літаків, називаються *смугами повітряних підходів*.

Проектування аеродрому в кожному конкретному випадку залежить від багатьох місцевих факторів, які можуть впливати на прийняті проектні рішення. До цих факторів належать: безпека підходів, рельєф льотного поля, якість ґрунту, гідрогеологічна характеристика, місцеві умови видимості, кількість опадів, віддаленість від заводу та інші фактори.

Планування аеродрому повинно відповідати вимогам технологічного процесу наземного відпрацьовування систем літаків, а також повністю відповідати інструкціям з виробництва польотів літаків, що вперше піднімаються в повітря.

Заводські аеродроми слід розташовувати таким чином, щоб цех остаточного складання був ближче до середини смуги.

Аеродромний цех має перебувати між виробничими цехами та літною смугою.

Якщо через місцеві умови забудови аеродром віддалений від основної заводської території, аеродромний цех слід наблизити до льотної смуги, а не до промислового майданчика для скорочення пробігів літаків до налагоджувально-випробувальних майданчиків і до місця стоянки після польотів.

Налагоджувально-випробувальні майданчики та місця стоянки літаків можуть бути розташовані безпосередньо біля кінцевої руліжної доріжки.

Комплекс будівель і споруд на території аеродрому необхідно розміщувати з урахуванням таких положень:

1. Усі служби аеродромного цеху мають розташовуватися строго в послідовності, що відповідає технологічному процесу.

2. Наземні спорудження не повинні заважати льотній роботі аеродрому.

3. Необхідно створювати всі умови нормального забезпечення роботи служб аеродрому призначенням розривів між будівлями та спорудами, передбачених нормами технологічного проектування.

4. Усі служби мають бути забезпечені джерелами живлення електроенергії, стисненим повітрям високого та низького тиску, паливом там, де воно необхідне, а також спеціальними газами.

Льотну смугу слід розташовувати на місцевості, яка є сприятливою за рельєфом й гідрогеологічними умовами, та орієнтувати її в напрямку найбільш вільних повітряних підходів.

Напрямок льотної смуги за можливістю слід сполучити з переважним напрямком вітрів. Розташування льотної смуги має забезпечити розміщення та нормальну роботу засобів посадки літаків у будь-яких метеорологічних умовах і в будь-який час доби.

Злітно-посадочні смуги зі штучним покриттям мають розташовуватися по краю робочої площі льотної смуги таким чином, щоб руліжні доріжки та місця стоянки літаків не перетинали робочу площу льотної смуги.

Якщо за умовами пропускної здатності однієї ЗПС для забезпечення програми випуску літаків не вистачає, необхідно на аеродромі мати другу ЗПС. Орієнтування другої смуги відносно першої виконується з урахуванням рози вітрів, яка складається за відомостями про вітри, що відображають середні дані по силі та повторюваності вітрів у відсотках за десятирічний період.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Тихомиров В.А. Основы проектирования самолетостроительных заводов и цехов: учеб. для авиац. вузов / В.А. Тихомиров. – М.: Машиностроение, 1975. – 472 с.
2. Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов: учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов / Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко; под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
3. Вороненко В.П. Машиностроительное производство / В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе, В.Н. Брюханов. – М.: Высш. шк., 2001. – 304 с.
4. Максименко А.Е. Проектирование цехов листовой и объемной штамповки / А.Е. Максименко, О.Н. Герасина, И.А. Гусев. – М.: МГИУ, 2006. – 200 с.
5. Набатов А.С. Технологическое проектирование участков и цехов: учеб. пособие по курс. и дипл. проектированию / А.С. Набатов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 81 с.

Навчальне видання

**Букін Юрій Михайлович**  
**Мельничук Олександр Петрович**  
**Хитрих Євген Євгенович**

**МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ  
ЦЕХІВ ОСНОВНОГО ВИРОБНИЦТВА  
ЛІТАКОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Редактор Н.М. Сікульська

Зв. план, 2010

Підписано до друку 10.12.2010

Формат 60x84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 5,5. Обл.-вид. арк. 6,25. Наклад 100 прим.

Замовлення 414. Ціна вільна

---

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
<http://www.khai.edu>  
Видавничий центр «ХАІ»  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)