МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з дисципліни
"Основи виробництва"

для студентів спеціальності
151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(освітні програми «Інтелектуальні мехатроні та робототехнічні системи» та «Екологічні прилади та системи»)
усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи виробництва" для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (освітні програми «Інтелектуальні мехатроні та робототехнічні системи» та «Екологічні прилади та системи») усіх форм навчання / Уклад.: Фарафонов О.Ю., Фурманова Н.І., – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019.– 34 с.

Укладачі: Фарафонов Олексій Юрійович, канд. техн. наук, доцент;
Фурманова Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент;

Рецензент: Малий Олександр Юрійович, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: Шило Галина Миколаївна, д.т.н, доцент., зав. каф. ІТЕЗ

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЕЗ
протокол № 1 від 28.08.2019 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФРЕТ
протокол № 1 від 02.09.2019 р.

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1 - Аналіз та формалізація виробничого процесу. Характеристика виробу РЕА, як об'єкту виробництва…...4
Лабораторна робота №2 - Дослідження типів виробництва 9
Лабораторна робота №3 - Аналіз якості деталей РЕА 18
Лабораторна робота №4 - Аналіз точності виробництва 25
Додаток А - Приклад розрахунку 31
Додаток Б - Варіанти завдань.....34

Лабораторна робота № 1

АНАЛІЗ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБУ РЕА, ЯК ОБ'ЄКТУ ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: ознайомитися з структурою та організацією виробництва; отримати практичні навики з аналізу виробів РЕА, як об'єктів виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Характеристика виробничого процесу

Виробничий процес (ВП) – систематичне та цілеспрямоване змінювання в часі та просторі кількісних та якісних характеристик засобів виробництва і робочої сили для отримання готової продукції з вихідної сировини згідно із заданою програмою.

За відношенням до випуску готової продукції та технологічним значенням виробничі процеси поділяються на основні, допоміжні, підсобні та побічні. За характером проходження в часі виробничі процеси поділяються на циклічні і нециклічні. За характером руху предмета праці в часі процеси поділяються на безперервні, напівбезперервні, дискретні. За ступенем можливості безпосереднього спостереження за ходом виробничих процесів вони поділяються на закриті, відкриті та напівзакриті.

Виробництво розподіляється на типи і види.

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що вирізняється за ознаками широти, номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску продукції (одиничне, серійне, масове).

Вид виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що вирізняється за ознакою застосовуваного методу виготовлення продукції (основне, допоміжне, інструментальне).

Частина виробничого процесу, безпосередньо сполучена зі зміною фізичного стану матеріалу, розмірів, форми, зовнішнього виду і взаємного розташування елементів при виготовленні та складання виробу – є **технологічний процес**.

Раціональна організація виробничого процесу неможлива без проведення стараного технологічного підготовлення виробництва (ТПВ).

Технологічне підготовлення виробництва (ТПВ) – це сукупність заходів, яка охоплює проектування технологічних процесів виробництва, вибір та розміщення устаткування, визначення технічного оснащення, розроблення методів технічного контролю, нормування матеріально-технічних витрат і забезпечує випуск продукції потрібного рівня якості за встановлених термінів та обсягів випуску.

Організаційно підприємство складається з виробничої частини та органів управління. Керує підприємством директор, його першими замісниками є головний інженер та головний технолог.

Технологічну і конструкторську підготовку виробництва здійснює відділ Головного конструктора (ВГК).

Технологічне підготовлення виробництва, тобто розробку технологічних процесів, спеціальних інструментів та пристосувань, розробку матеріальних нормативів та ін. здійснює відділ Головного технолога (ВГТ).

Основною структурною одиницею підприємства є цех.

Цех – це організаційно та (чи) технологічно відокремлений структурний підрозділ, що прямо чи побічно бере участь у переробленні предмета праці на готову продукцію та складається із сукупності виробничих дільниць.

Усі цеха поділяються на основні та допоміжні. До основних цехів відносяться цехи безпосередньо зайняті виготовленням деталей, складальних одиниць, блоків, приладів та готових виробів уцілому. Основні цехи діляться на чотири групи:

1-ша група – заготовчі та оброблюючі цехи (цех холодного штампування, механічної обробки, цех друкованих плат та ін.);

2-га група – оздоблені цехи (гальванічний, лакофарбувальний та ін.);

3-тя група – цехи, де складаються функціональні вузли приватного та спеціального використання (цех моточних виробів, цех мікроелектроних виробів та ін.);

4-та група – складально-монтажні цеха.

Допоміжні цехи забезпечують безперервну роботу основних цехів. До них відносяться: інструментальний, ремонтно-механічний, електроремонтний, транспортний, будівельний та ін.

Цех поділяється на дільниці, які можуть мати декілька робочих місць.

Робоче місце – це елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащену матеріально-технічними засобами, використовуваними у процесі праці. Робоче місце може бути просте, комплексне, спеціалізоване, універсальне, стаціонарне, пересувне, одноагрегатне, багатоагрегатне, автоматизоване.

1.2 Характеристика виробів РЕА

Виріб – це одиниця промислової продукції, кількість якої обчислюють у штуках (примірниках).

Об’єктом виробництва є конструкція РЕА.

Конструкція є сукупність деталей, матеріалів, складальних одиниць, електрорадіовиробів (ЕРВ), з різноманітними фізичними властивостями та формами, які знаходяться у визначеному електричному, просторовому, механічному, тепловому, магнітному та енергійному взаємозв’язку, яка забезпечує виконання заданих функцій з необхідною точністю та надійністю в заданих умовах експлуатації та передбачає можливість її повторення в умовах виробництва.

Таким чином, основними складовими частинами конструкції РЕА є деталі, складальні одиниці, ЕРВ та матеріали.

Деталь – це виріб, виготовлений із матеріалу однієї марки без застосування складальних операцій. Деталі можуть бути стандартні (гайка,стойка), уніфіковані (шасі, базові несові конструкції) та оригінальні (кронштейн, друкована плата).

Деталі за методом виготовлення можуть бути: ливарні, штамповані, здобуті механічною обробкою та ін.; за матеріалом: металеві, пластмасові; за призначенням: ізоляційні, токопровідні та ін.

Складальна одиниця – це виріб, складові частини якого підлягають з’єднанню між собою складальними операціями на підприємстві-виробнику. Складальні одиниці можуть бути стандартні (підшипник), уніфіковані (трансформатор) та оригінальні (корпус).

Електрорадіовироби (ЕРВ) – це, в основному, стандартні та уніфіковані вироби: електрорадіоелементи (резистори, конденсатори), мікросхеми, елементи комутації (тумблери, з'єднувальні елементи), функціональні вузли (трансформатори, індікатори). ЕРВ можуть бути і оригінальними (мікрозбірки спеціального призначення, комутаційні системи, фільтри та ін.).

1.3 Хід виконання роботи

1.3.1 Записати скорочені теоретичні відомості.

1.3.2 Здобути у викладача зразки деталей, складальних одиниць, матеріалів, ЕРВ.

1.3.3 Провести аналіз зразків, виконати їх ескізи.

1.3.4 Використовуя наочні прилади та стенди, дати повну характеристику та формалізацію кожного зразка.

1.3.5 Визначити для одного із зразків (надає викладач) необхідний перелік цехів для його виробництва.

1.3.6 Оформити звіт.

1.4 Зміст звіту

1.4.1 Назва та мета роботи.
1.4.2 Теоретична частина.
1.4.3 Вихідні дані до практичної частини.
1.4.4 Практична частина.
1.4.5 Висновки.

1.5 Контрольні запитання

1.5.1 Що таке виробничий процес?
1.5.2 Що таке технологічний процес?
1.5.3 З якихзаходів складається ТПВ?
1.5.4 Структура підприємства.
1.5.5 Характеристика виробничих цехів.
1.5.6 Характеристика вироба РЕА.
1.5.7 Надати визначення: виріб, деталь, складальна одиниця.

1.6 Література

1.6.1 Гаврилов А.Н. Основы технологии приборостроения. Учебник для втузов. М.: Высшая школа,1976.- 328 с.

1.6.2 Нейштадт С.З., Россиянский Л.С. Технология и оборудование производства радиодеталей и компонентов. Учебник для техникумов. Изд. 2-е. М.: Энергия, 1979.- 568 с.

1.6.3 Белевцев А.Т. Технология производства радиоаппаратуры. Изд. 2-е. М.: Энергия, 1971.- 544 с.

1.6.4 Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів: Підручник. – Харків: Компанія СМІТ, 2005. – 592 с.

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТИПІВ ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: вивчити типи організації виробництва та критерії їх порівняння; отримати практичні навички з розрахунку загальних показників виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Характеристика типів виробництва

Згідно з ДСТУ 2960 в залежності від номенклатури, регулярності, стабільності та об’єму випуску виробів виробництво поділяється на типи: одиничне, серійне та масове.

Одиничне виробництво – це тип виробництва, що характерізується невеликим обсягом випуску однакової продукції , повторне виготовлення якої, як правло, не передбачається.

Серійне виробництво – це тип виробництва, що характерізується одночасним виготовленням на підприємстві обмеженої номенклатури однорідної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду.

Масове виробництво – це тип виробництва, що характерізується випуском продукції постійної номенклатури у великих кількостях протягом тривалого періоду.

Серійне виробництво поділяється на дрібносерійне, середньосерійне та крупносерійне. За характером дрібносерійне наближається до одиничного, крупносерійне - до масового.

Критерії зрівняння типів виробництва та їх характеристики приведені у таблиці 2.1.

Залежність між кількістю виготовлених виробів за рік та трудоємкістю їх виробництва за типами виробництва приведені у таблиці 2.2.

2.2 Параметри виробництва

Програма випуску виробу за рік на підприємстві визначається заказником. Річна програма деталі або складальної одиниці, яка входить до виробу, розраховується:

$$N = N_B \cdot m \cdot \left(1 + \beta/100\right) \left[\text{шт.}\right], \qquad (2.1)$$

де N_B - річна програма випуску виробу , шт.;

m - застосування деталі або складальної одиниці у виробі;

β - кількість запасу ($\beta = 3 \div 5\,\%$).

У серійному виробництві для проектування технологічного процесу важливо розрахувати розмір партії одночасно запускаємих виробів:

$$n_n = N \cdot a / F \quad \left[\text{шт.}\right], \qquad (2.2)$$

де a - кількість днів, на які необхідно мати заподіл деталей або складальних одиниць,- періодичність запуску: $a = 10$ (декада), $a = 25$ (місяць), $a = 75$ (квартал) -визначається виробничо-плановим відділом;

F - кількість робочих днів за рік ($F = 253$ днів).

Важливим показником типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій за одним робочим місцем:

$$К_{ЗО} = O / P, \qquad (2.3)$$

де O - кількість різноманітних операцій, які належать до виконання;

P - кількість робочих місць.

Таблиця 2.1 – Порівняння різноманітних типів виробництва.

№ пп	Показник	Тип виробництва		
		Одиничне	**Серійне**	**Масове**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Кількість продукції, яку випускають за рік (за видами)	Одиниці (окремі закази)	Від десятків до декілька тисяч штук	Від тисяч до десятків та сотен тисяч штук
2	Повторюваність випуску	Випадкова	Регулярна	Неперервна
3	Номенклатура виробів	Велика та різноманітна, не чітко виражена	Значна але цілком визначена (десятки та сотні видів)	Вузько обмежена (декілька видів)
4	Характер продукції	Експерементальна або спеціальна	Встановленого типу та стандартизована	Стандартна та поширенного використання
5	Спеціалізація робочих місць	Відсутня	На виконання декількох операцій	На виконання однієї операції
6	Устаткування	Загального використання	Загального використання та спеціальне	Спеціальне
7	Розташування устаткування	За типами	За типами та за технологічним процесом	За технологічним процесом
8	Оброблюючий інструмент	Нормальний	Нормальний та спеціальний	Спеціальний
9	Контрольно-вимірювальний інструмент	Багатомірний	Обмежений та багатомірний	Обмежений
10	Пристосування	Універсальні	Універсальні, уніфіцировані та спеціальні	Спеціальні

продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
11	Взаємозамі-нюванність	Відсутня	Повна або част-кова з підбором деталей	Повна
12	Складання	Стаціонарне	Жваве або стаціонарне	Жваве
13	Тривалість циклу виготовлення продукції	Найбільша	Середня	Найменьша
14	Собівартість продукції	Висока	Середня	Низька
15	Ступень автоматизації та механізації	Низька	Середня	Висока

Таблиця 2.2 – Характеристика типів виробництва за програмою виготовлення.

Середня трудоємкість (умовні н/години)	**Кількість виробів за рік, шт.**		
	Одиничне та дрібносерійне виробництво	**Середньосерійне виробництво**	**Крупносерійне та масове виробництво**
Більше 10000	Від 5 до 25	26-100	Більше 100
1000-10000	До 50	51-250	251-5000
100-1000	До 100	101-500	501-10000
10-100	До 150	151-750	751-15000
1-10	До 250	251-1500	1501-30000
До 1	До 500	501-3000	3001-50000

Для різноманітних типів виробництва $К_{ЗО}$ приймає значення:

масове $К_{ЗО} = 1$;

крупносерійне $1 < К_{ЗО} \leq 10$;

середньосерійне $10 < К_{ЗО} \leq 20$;

дрібносерійне $20 < К_{ЗО} \leq 40$;

одиничне $К_{ЗО}$ - не регламентується.

На початкових стадіях проектування технологічних процессів та при використанні виробів-аналогів $К_{ЗО}$ рекомендується визначати часовими нормативами:

$$К_{ЗО} = T_B / t_{шт.сер.}, \qquad (2.4)$$

де T_B - такт випуску виробу;

$t_{шт.сер.}$ - середньо-штучний час для виконання операції обробки, складання та ін. одиниці продукції.

Такт випуску розраховується:

$$T_B = 60 \cdot F_g / N, [хв/шт.] \qquad (2.5)$$

де F_g - дійсний річний фонд часу роботи станка або робочого місця, годин;

N - річна програма випуску виробу (деталі або складальної одиниці), шт.

Середньо-штучний час $t_{шт.сер.}$ вважають як середнє арифметичне $t_{шт.}$ за усіма операціями процесу:

$$t_{шт.сер.} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{шт._i}}{n}, [хв.] \qquad (2.6)$$

де n - кількість операцій.

Дійсний річний фонд часу розраховується по даним таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Визначення річного фонду часу.

Параметр	**Чисельне значення**
Кількість робочих днів за рік	253
Кількість днів за тиждень	6
Кількість робочих днів з повною продовженністю зміни	247
Тривалість робочого тиждня, годин	41
Тривалість зміни, годин	8,2

Для знаходження $t_{шт.i}$ за операціями використовують дані аналогічного процесу або проводять нормування нового процесу.

Затрати часу та засобів на підготовку виробництва будуть мінімальні, якщо при конструюванні нового виробу максимально запозичуються вже освоєні або стандартизовані конструкції. Для визначення коефіцієнту запозичення та кількості оригінальних деталей проводяться розрахунки:

$$K_{пр} = (П_З / П_О) \cdot 100\,\%, \qquad (2.7)$$

де $П_З$ - кількість запозичених деталей та вузлів;

$П_О$ - загальна кількість деталей та вузлів у новому виробі.

$$П_{ОР} = П_О - П_З\,, \qquad (2.8)$$

де $П_{ОР}$ - кількість оригінальних деталей або вузлів.

Якщо коефіцієнт $K_{пр}$ складає $60 \div 75$ відсотків, то виробництво буде рентабельним.

У багатьох РЕА деталі та вузли повторюються у різних кількостях (тобто їх пристосовуємість різна), тому тип виробництва потрібно визначати індивідуально для кожної деталі або вузла. Наприклад, виробництво трансформаторів може бути серійне, а виготовлення пластин магнітопроводу для них – масовим.

При виготовленні побутової РЕА можливо зустріти усі типи організації виробництва: наприклад, вироби інструментального цеху відносяться до одиничного типу, вироби ливарного цеху пластмасових деталей та вузлів до крупносерійного або середньосерійного, закінчений виріб (наприклад магнітофон), який збирається у складальному цеху – до масового типу виробництва.

2.3 Хід виконання роботи

2.3.1 Записати скорочені теоретичні відомості.

2.3.2 Для заданої викладачем деталі або складальної одиниці (складові частини виробу)по заданому у таблиці 2.4 варіанту визначити річну програму випуску деталі або складальної одиниці і порівняти з річною програмою виробу. Зробити висновки по типу виробництва заданої складової частини виробу і порівняти з типом виробництва виробу. Розрахувати розмір партії одночасно запускаємих деталей або складальних одиниць при декадному, місяцевому та квартальному заподіли.

Таблиця 2.4 – Визначення річної програми випуску деталі або складальної одиниці.

№ вар.	N_B **, шт.**	m	**№ вар.**	N_B **, шт.**	m
1	10000	2	8	50000	15
2	5000	50	9	100000	2
3	20000	8	10	50000	4
4	8000	40	11	25000	20
5	1000	100	12	20000	2
6	15000	20	13	1000	50
7	120000	3	14	200000	10

2.3.3 По даним у таблиці 2.5 визначити $К_{ЗО}$ та тип виробництва, дати повну характеристику типу виробництва.

2.3.4 Оформити звіт.

Таблиця 2.5 – Завдання до визначення $К_{ЗО}$.

№ вар.	Кількість операцій	Кількість робочих місць	№ вар.	Кількість операцій	Кількість робочих місць
1	1300	42	8	8	19
2	209	29	9	820	27
3	520	31	10	833	49
4	816	17	11	55	3
5	17	18	12	29	2
6	339	35	13	12	10
7	22	7	14	205	21

2.4 Зміст звіту

2.4.1 Назва та мета роботи.
2.4.2 Теоретична частина.
2.4.3 Вихідні дані до практичної частини.
2.4.4 Практична частина.
2.4.5 Висновки.

2.5 Контрольні запитання

2.5.1 Які типи виробництва ви знаєте?
2.5.2 Назвіть основні кількісні показники виробництва.
2.5.3 Назвіть порівняльні крітерії типів виробництва.
2.5.4 Що таке коефіцієнт закріплення операцій?
2.5.5 Надайте повну характеристику одиничному, серійному та масовому типу виробництва.

2.6 Література

2.6.1 Гаврилов А.Н. Основы технологии приборостроения. Учебник для втузов. М.: Высшая школа,1976.- 328 с.

2.6.2 Белевцев А.Т. Технология производства радиоаппаратуры. Изд. 2-е. М.: Энергия, 1971.- 544 с.

2.6.3 Павловский В.В. и др. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. Пособие по курсовому проектированию. Учебное пособие для вузов.- М.: Радио и связь, 1982.- 160с.

2.6.4 Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів. Типові задачі: навч. посіб. / І.Ш. Невлюдов. – Харків: Компанія СМІТ, 2008. – 400 с.

Лабораторна робота № 3

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ РЕА

Мета роботи: ознайомитися з показниками якості виробництва деталей, з технологічними методами підвищення якості поверхні; отримати практичні навики що до аналіза якості оброблених поверхонь та встановлення показників шорсткості.

Прилади та оснащення: мікроскоп МБС-9; еталони шорсткості; наочні посібники та стенди; зразки, які досліджуються.

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

3.1 Характеристика якості виробництва

Якість деталей визначається двома основними показниками: заданою точністю виготовлення та якістю поверхонь. Конструкція, вимоги до виробу та можливості підприємства визначають технологію виготовлення. Різноманітні технологічні методи дають відповідну точність і якість готової продукції.

Якість поверхні – це сукупність усіх службових якостей поверхневого шару матеріалу обумовлена властивостями та методами його обробки: механічний, електрофізичний, електрохімічний, термічний та інші (рис 1.1).

Тому цілеспрямоване формування поверхневого шару з наданими якостями у процесі виготовлення деталей є одним з найважливіших завдань машино-, приладо-, та радіоаппаратобудування.

Суттєвий резерв в підвищенні якості виробів слід шукати в вірному формуванні контуру поверхні в залежності від її службової функції, причому конструктор має знати, що треба задати, а технолог вміти здійснити задане.

Багато поверхонь, впливаючих на експлуатаційні властивості,залежать від тхнологічного методу та умов виготовлення деталей. Виходячи з цього можна призначити належні умови обробки (технологічний метод, режим обробки та ін.), які забезпечують отримання поверхні з необхідними параметрами якості: висотою нерівностей, їх спрямованністю, розміром опорної площадки та ін.

Дослідження шляхів вивчення якості поверхні до недавнього часу обмежувалось розгляданням методів та умов здійснення останньої операції, яка завершує останній технологічний процес обробки деталі, при цьому виключалась можливість впливу наслідків попередніх операцій. В теперішній час встановлена наявність технологічної спадковості.

Під **технологічною спадковістю** розуміється явищє переносу притаманностей оброблюємого вироба (заготовки) від попередніх операцій до наступних, яке надалі впливає на експлуатаційні якості деталей. Тому вірне призначення послідовності технологічних операцій в ряді з раціональним призначенням останньої операції є одним з технологічних методів керування якістю поверхні.

3.2 Аналіз шорсткості поверхонь

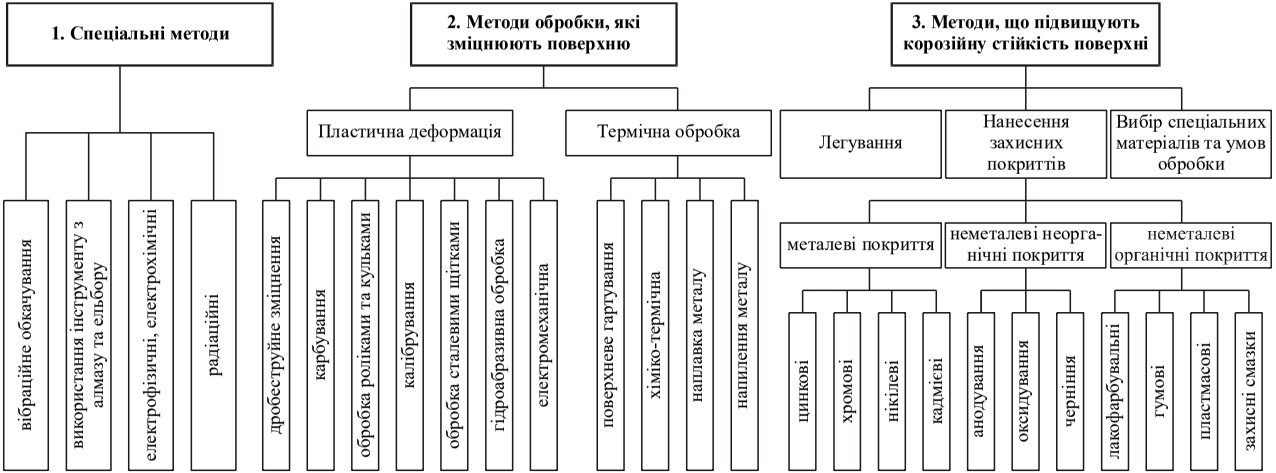
Поверхні деталей при їх виготовленні не можуть бути абсолютно гладкими. Після різноманітних видів обробки на поверхні залишаються виступи та впадини, тобто нерівності різних розмірів.

Сукупність нерівостей на базовій довжині поверхні називається **шорсткістю**. Шорсткість поверхонь має великий вплив на якість виробів. Але при виборі того чи іншого ступеню шорсткості треба пам’ятати, що висока якість поверхні потребує високу точність виготовлення, а це набагато збільшує собівартість виробу.

Таким чином шорсткість та хвилявість поверхні взаємопов’язані з точністю розмірів. Точність з’єднання також в значній мірі залежить від співвідношення висоти нерівностей та полю допуску (квалітету точності обробки) кожної з деталей, які зіткнені.

Обмежена якість поверхні грає і самостійну роль. Зі зниженням шорсткості поверхонь, поліпшується їх здатність до відбиття електромагнітних, ультразвукових та світових хвиль; зменшуються витрати електромагнітної енергії в хвильових трактах, резонуючих системах, зменшується ємність електродів і таке ін.

Параметри шорсткості поверхні контролюють порівнянням зі зразками або визначенням цих параметрів за допомогою спеціальних приладів – профілометрів. Ці прилади встановлюють у центральних вимірювальних лабораторіях або в центральних заводських лабораторіях.



1 - забезпечують оптимальну мікрогеометрію поверхні;
2 - призначені для поліпшення фізичних та механічних властивостей поверхневого шару;
3 - забезпечують антикорозійний захист та декоративний вигляд.

Рисунок 3.1 – Технологічні методи підвищення якості поверхні.

Для оцінки шорсткості використовують різні показники. Головними з них є параметри R_a та R_z.

Параметр R_a - це середнє значення відхилення профілю поверхні на базовій довжині (розмірність – мікрометри); наприклад 0,63; 6,3; 1,25.

Параметр R_z - це середнє значення відхилення профілю по десяти найбільших значеннях виступів та впадин на базовій довжині (розмірність – мікрометри), позначається умовними чисельними значеннями; наприклад $R_z 80$, $R_z 20$, $R_z 0{,}8$.

Відповідність деяких видів механічної обробки квалітету точності та класу чистоти поверхонь наведена у таблиці 3.1.; зв'язок класів чистоти поверхонь та параметрів шорсткості наведено у таблиці 3.2. Аналіз якості поверхонь деталей, які виготовляються різноманітними видами обробки або мають яке-небудь покриття, дозволяє встановити перелік необхідних видів обробки та їх послідовність.

Таблиця 3.1 – Відповідність видів обробки квалітетам точності.

№ пп	Вид обробки		Квалітет точності	Клас чистоти
1	**Точіння:**	чорнове	14 - 12	3,4
		чистове	12 - 10	4,5
		тонке	10 - 8	6,7
2	**Фрезерування:**	чорнове	14 - 12	3,4
		чистове	12 - 10	5,6
		тонке	10 - 8	6,7
3	**Свердління**		14 - 12	4,5
4	**Зенкерування**		10	5,6
5	**Шліфування:**	напівчисте	10 - 8	6,7
		чистове	8	8
		тонке	6	9,10
6	**Полірування**		7 - 4	8 - 14

Таблиця 3.2 – Характеристика шорсткості поверхонь.

Клас чистоти	**Параметр шорсткості**	**Значення шорскості**	**Характеристика поверхонь**
1	R_z	$R_z 320$	Поверхні, які не підлягають обробці
2	R_z	$R_z 160$	
3	R_z	$R_z 80$	Поверхні, які не дотикаються до інших
4	$R_z ; R_a$	$R_z 40 ; 6.3$	Більш якісні поверхні, які не дотикаються до інших
5	$R_z ; R_a$	$R_z 20 ; 3.2$	Допоміжні бази
6	R_a	2.5	Базові поверхні
7	R_a	1.25	Базові поверхні високої якості
8	R_a	0.63	Базові поверхні дуже високої якості
9	R_a	0.32	
10	R_a	0.16	Поверхні, які труться
11	R_a	0.08	Поверхні, які труться, або поверхні качіння високої якості
12	R_a	0.04	
13	R_z	$R_z 0.8$	Дзеркальні поверхні, або поверхні деталей найвищої якості
14	R_z	$R_z 0.05$	

3.3 Хід виконання роботи

3.3.1 Записати скорочені теоретичні відомості.

3.3.2 Виконати ескізи деталей виданих викладачем, пронумерувати усі зовнішні та внутрішні поверхні деталей.

3.3.3 Провести аналіз якості всіх поверхонь деталей, використовуючі еталонні зразки та наочні приклади (визначити які технологічні методи використовувалися, тип покриття, параметри шорсткості).

3.3.4 Скласти таблицю аналізу шорсткості поверхонь деталей за зразком (таблиця 3.3).

3.3.5 Оформити звіт.

Таблиця 3.3 – Аналіз якості поверхонь деталей.

№ зразка та поверхні	**Значення шорсткості**	**Клас чистоти**	**Кваліте точності**	**Вид механічної обробки**	**Технологічний метод здобуття заданої якості поверхні**

3.4 Зміст звіту

3.4.1 Назва, мета та оснащення роботи.
3.4.2 Теоретична частина.
3.4.3 Вихідні дані до практичної частини.
3.4.4 Практична частина.
3.4.5 Висновки.

3.5 Контрольні запитання

3.5.1 Що розуміється під якістю поверхні ?

3.5.2 Чим обумовлюється якість поверхневого шару матеріалу ?

3.5.3 Що таке технологічна спадкованість ?

3.5.4 Якими методами контролюють шорсткість поверхні деталей?

3.5.5 Які показники використовують щодо оцінки якості виробу ?

3.5.6 Що означають параметри R_a та R_z ?

3.5.7 Які технологічні методи забезпечують фізико-механічні властивості поверхневого шару деталі ?

3.5.8 Якими засобами можно забеспечити антикорозійний захист металевих деталей ?

3.6 Література

3.6.1 Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник.-Л.: Машиностроение. Ленингрд. от-ние, 1984.- 454 с., ил.

3.6.2 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985.- 656 с., ил.

3.6.3 Белевцев А.Т. Технология производства радиоаппаратуры. Изд. 2-е. М.: Энергия, 1971.- 544 с.

Лабораторна робота № 4

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: ознайомитися з методами забезпечення виробничої точності вихідних параметрів виробів електронної апаратури, отримати практичні навички щодо розрахунку розмірних ланцюгів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

4.1 Загальні положення

При виготовленні будь-якого виробу РЕА в процесі виробництва виникають деякі похибки, що викликають відхилення вихідних параметрів виробу. Ступінь відповідності параметрів виготовлених виробів і встановлених допусків визначає їх **технологічну точність**.

Аналіз точності процесу виробництва дає можливість для кожної технологічної операції викрити причини виникнення виробничих похибок, обгрунтувати межі технологічного допуску й вибрати економічно оптимальний ТП виготовлення чи складання, що забезпечить необхідну точність механічних (геометричних) чи електричних вихідних параметрів виробу.

Виробничі похибки бувають систематичні та випадкові.

Систематичні похибки викликаються такими причинами:

- обмежені можливості методів виготовлення та контролю;
- наближені технологічні розрахунки;
- неточність виготовлення оснастки та інструмента;
- знос устаткування, оснастки та інструмента;
- температурні впливи.

Випадкові похибки визначаються:

- неоднорідністю сировини;
- відхиленням номінальних значень параметрів комплектуючих виробів;
- коливаннями технологічних режимів;
- суб’єктивними даними робітників.

Для аналізу і розрахунків виробничих похибок використовують імовірністно-статистичні методи обробки даних і аналітичний метод,

що встановлює функціональну залежність між виробничими похибками і вихідними параметрами виробу.

Існує декілька методів забезпечення необхідної точності виготовлення деталей, ЕРВ або складальних одиниць РЕА:

- повної взаємозамінюваності;
- групової взаємозамінюваності;
- неповної взаємозамінюваності;
- метод підгонки і регулювання.

Найбільш розповсюдженним є **метод повної взаємозамінюваності** . Його суть в тому, що необхідна точність вихідних параметрів виробів досягається включенням до їх складу деталей з визначеними допусками параметрів без будь-якого додаткового підбору чи підгонки. Принцип повної взаємозамінюваності можна застосовувати тоді, коли лише 0,27% відхилень параметрів виходять за межі поля допуску.

Метод має такі переваги:

- простота досягнення необхідної точності;
- спрощення технологічного процесу через відсутність операцій регулювання;
- можливість нормування і переходу до потокових методів виробництва;
- можливість широкої кооперації.

4.2 Розрахунок точності складальних операцій

У процессі складання відбувається з’єднання деталей складальних одиниць та ЕРВ, що забезпечує задане взаємне розташування їх поверхонь. При цьому похибки обробки деталей і похибки складальних операцій впливають на величину і допуск замикаючого розміру складального ланцюга. **Розрахунок точності складальних операцій** полягає у визначені помилок замикаючих ланок розмірних ланцюгів або у визначені допусків ланок, що складають розмірний ланцюг по заданому допуску на замикаючий розмір (тобто пряма і зворотня задача). Зазвичаєм виконують розрахунок лінійних розмірних ланцюгів; більш складні розмірні ланцюги приводять до лінійних. Так як виробничі похибки носять

випадковий характер, то розрахунок розмірних ланцюгів ведеться імовірністним методом.

Номінальне значення розміру замикаючої ланки визначають:

$$A_N = \sum_{i=1}^{k} A_i - \sum_{k+1}^{N-1} A_i \,, \qquad (4.1)$$

де N - кількість ланок в розмірному ланцюзі;

k - кількість розмірів, що збільшують;

$(N - k - 1)$ - кількість розмірів, що зменшують;

A_i - номінальні значення розмірів ланок, що складають розмірний ланцюг.

Половина допуску розміру замикаючої ланки:

$$\delta_N = \gamma \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N-1} (k_i \cdot k_D \cdot \delta_i)^2} \,, \qquad (4.2)$$

де γ - коефіцієнт гарантованої надійності (за довірчою імовірністю – Р), дані у табл. 4.1;

δ_i - половина поля допусків розмірів ланок ланцюга;

k_i - коефіцієнт відносного розсіювання розмірів, що залежить від закону розподілу випадкової величини (табл. 4.2);

k_D - поправочний коефіцієнт, що враховує відсоток браку (табл.4.3).

Таблиця 4.1 - Коефіцієнт гарантованої надійності

Величина довірчої імовірності, Р	0,85	0,9	0,95	0,97	0,99	0,997	0,999
Коефіцієнт гарантованої надійності, γ	0,48	0,548	0,653	0,725	0,875	1,00	1,10

Таблиця 4.2 - Коефіцієнт відносного розсіювання розмірів

Закон розподілу	α_i	k_i
Нормальний	0	1
Симпсона	0	1,22
Рівної імовірності	0	1,73
Рівномірного зростання	0,33	1,41
Максвела	-0,28	1,14

Таблиця 4.3 - Коефіцієнт, що враховує відсоток браку

Відсоток браку, %	0	0,03	0,06	0,08	0,16	0,27	0,60	1	2
k_D	1	1,20	1,18	1,11	1,05	1,00	0,89	0,85	0,78
Відсоток браку, %	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k_D	0,72	0,68	0,65	0,62	0,6	0,58	0,56	0,54	0,52

Середнє значення поля допуску розміра замикаючої ланки:

$$A_{0N} = \left[\sum_{i=1}^{k} \left(A_{0i} + \alpha_i \cdot \delta_i \right) - \sum_{k+1}^{N-1} \left(A_{0i} + \alpha_i \cdot \delta_i \right) \right] - \alpha_N \cdot \delta_N, \quad (4.3)$$

де α_i, α_N - коефіцієнти відносної асиметрії розподілу розмірів ланок ланцюга, що залежить від закону розподілу (дивись табл.4.2);

A_{0i} - середнє значення полів допусків розмірів ланок ланцюга:

$$A_{0i} = \frac{(\Delta вi + \Delta нi)}{2}, \qquad (4.4)$$

де $\Delta вi$, $\Delta нi$ - верхнє і нижнє відхилення і-го розміру.

Граничні розміри замикаючої ланки розмірного ланцюга складання:

$$A_{гр\,max} = A_N + A_{0N} + \delta_N, \qquad (4.5)$$

$$A_{гр\,min} = A_N + A_{0N} - \delta_N, \qquad (4.6)$$

Якщо розраховані розміри і допуски відповідають заданим технічним умовам, то забезпечується технологічна точність складання.

Приклад розрахунку приведено в додатку А.

4.3 Хід виконання роботи

4.3.1 Записати теоретичні відомості.

4.3.2 Виконати ескіз складальної одиниці і розмірний ланцюг складання (додаток А).

4.3.3 Провести аналіз точності складальних операцій на реальному об’єкті. Визначити кількість ланок та їх характер, обгрунтувати вибір замикаючої ланки, скласти таблицю за зразком табл. А.1, виконати розрахунки, визначити квалітет точності.

4.3.4 Отримати варіант завдання (додаток Б) і виконати запропоновані розрахунки (формули 4.1 - 4.6).

4.3.5 Зробити висновки про можливості забезпечення технологічної точності складання.

4.3.6 Оформити звіт.

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Назва та мета роботи.
4.4.2 Теоретична частина.
4.4.3 Вихідні дані до практичної частини.
4.4.4 Практична частина.
4.4.5 Висновки.

4.5 Контрольні запитання

4.5.1 Визначення технологічної точності.
4.5.2 Характеристики виробничих похибок.
4.5.3 Методи, що використовуються для аналізу і розрахунків виробничих похибок і забезпечення точності виготовлення.
4.5.4. Суть методу повної взаємозамінюваності.
4.5.5 Переваги методу повної взаємозамінюваності.
4.5.6 Методика розрахунку розмірів і допусків замикаючої ланки розмірного ланцюга.

4.6 Література

4.6.1 Технология и автоматизация производства РЭА. Учебник для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достаико и др.; Под ред. А.П. Достаико.- М.: Радио и связь, 1984.– 624 с.
4.6.2 Гаврилов А.Н. Основы технологии приборостроения: Учебник для втузов .- М.: Высшая школа,1976.- 328 с.
4.6.3 Сборник задач и упражнений по технологии РЭА: Учебное пособие / Под ред. Е.М. Парфёнова .- М.: Высшая школа,1982.- 255 с.
4.6.4 Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів: Підручник. – Харків: Компанія СМІТ, 2005. – 592 с.

Додаток А

Приклад розрахунку

Заданий розмірний ланцюг складання подільника потужності НВЧ-тракта (рис. А.1), його конструкція та принцип дії наведені на рис. А.2.

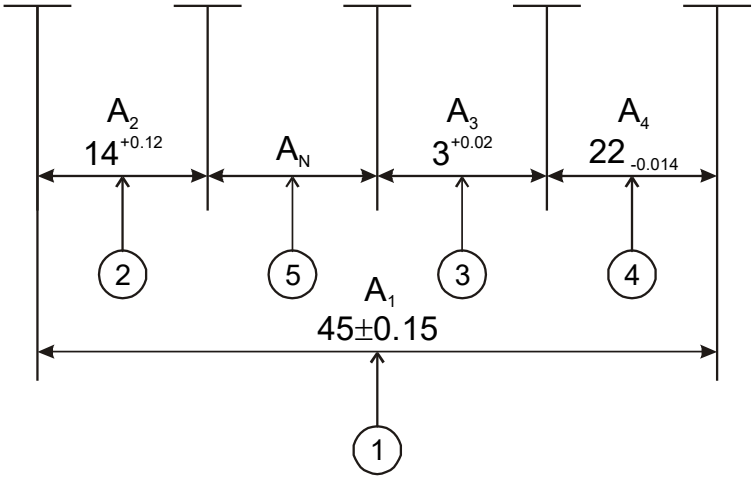


Рисунок А.1 – Розмірний ланцюг складання.

Постанова задачі

Необхідно визначити розмір і допуски замикаючої ланки складання (A_N) і довести, що граничні значення довжини ступеня максимального діаметру гнізда подільника потужності відповідають 14 квалітету точності, що задовольняє технічним умовам до виробу.

Алгоритм рішення

Скласти таблицю характеристик розмірного ланцюга (табл. А.1) і визнчити кількість розмірів, що збільшують і зменшують.

Кількість ланок в розмірному ланцюзі N.

Кількість збільшуючих розмірів k.
Кількість зменшуючих розмірів $N-k-1$.
Провести розрахунки по формулам (4.1 – 4.6).
Зробити висновки.

Таблиця А.1 - Характеристика розмірного ланцюга

№ кільця	**Розмір (номін.) A_i, мм**	**Верхнє відхилення ΔB_i**	**Нижнє відхилення ΔH_i**	**Поле допуска $2\delta_i$, мм**	**Закон розподілу**	α_i	k_i	k_{Di}	**% браку**
A_1					Рівномірно зростаючий				3
A_2					Симпсона				1
A_3					Рівної імовірності				0
A_4					Нормальний				0

При розрахунках значення коефіцієнта γ відповідає довірчій імовірності P=0,99 (приймається умовно). Закон розподілу розміру замикаючої ланки – нормальний.

Подільник потужності має корпус-трійник 4, в якому розміщені фідери 1,5,9. Фідери з’єднуються через розніми (7,12 – гнізда, 6 – втулка, 8,11 – ізоляційні обручки) з коаксіальною лінією. Корпус розніму складається з штуцеру 2, який запресований в корпусі і зафіксований штіфтом 3. Отвори корпусу-трійнику зачиняються заглушками 10. Всі деталі конструкції виготовлені з значною точністю, тому що подільник потужності працює в діапазоні НВЧ (надвисоких частот) і вимоги до складання конструкції повинні забезпечувать поділення вхідної потужності навпіл з заданим коефіцієнтом поділення.

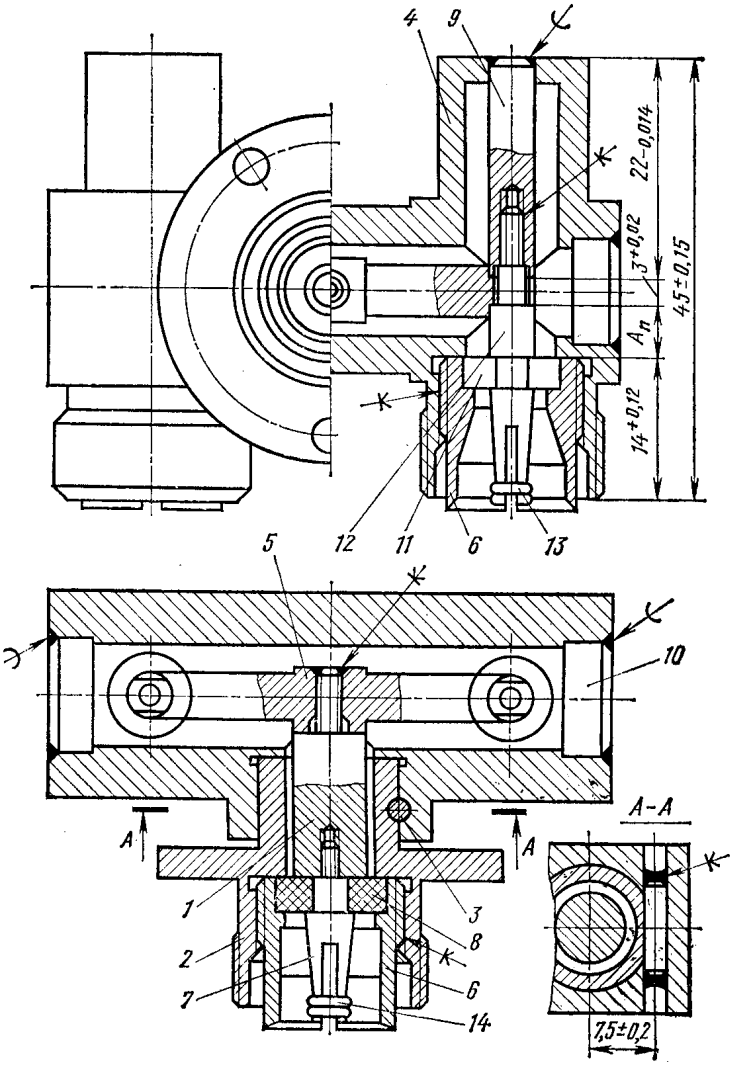


Рисунок А.2 – Конструкція подільника потужності.

Додаток Б

Варіанти завдань

1. Визначити $A_{гр\,max}$ і $A_{гр\,min}$ для замикаючого кільця (A_N) розмірного ланцюга складання (рис. Б.1). Довірча імовірність 0,99. Закон розподілу – нормальний. Максимальний відсоток браку – 5 %.

а) $A_1 = 102 \pm 0{,}3$ мм

$A_2 = 58_{-0{,}12}$ мм

$A_3 = 12^{+0{,}07}$ мм

б) $A_1 = 60 \pm 0{,}2$ мм

$A_2 = 34^{+0{,}1}$ мм

$A_3 = 8_{-0{,}05}$ мм

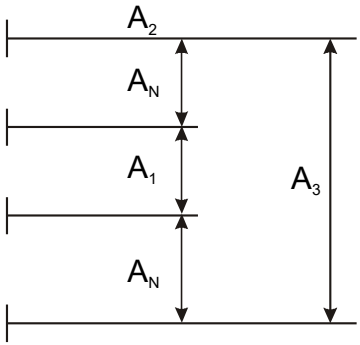


Рисунок Б.1 – Розмірний ланцюг складання.

2. Визначити величину зазору між пластинами складальної одиниці. Базова поверхня – Е. Максимальна похибка зазору – в крайньому лівому зазорі. Довірча імовірність 0,97; розсіювання розмірів відповідає нормальному закону розподілу. Відсоток браку – 3%.

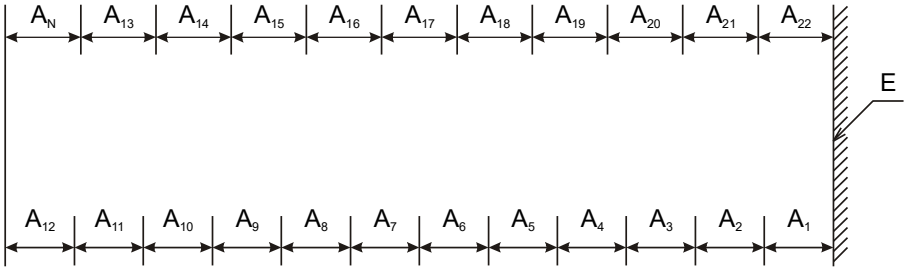


Рисунок Б.2 – Розмірний ланцюг складання.