

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний Університет кораблебудування імені адмірала
Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри

_____ С.В.Драган

«___»_____ 20___ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Розробка інтерактивної моделі складально-
зварювального цеху суднобудівного підприємства IV класу

Виконав: студент групи 6121м

_____ Захлипа В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник роботи:

в.о. зав. кафедри,

канд. техн. наук, професор НУК

(посада, науковий ступень, вчене звання)

_____ Драган С.В.

(підпис)

(ПІБ)

Миколаїв, 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний Університет кораблебудування імені адмірала
Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра Зварювального виробництва
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітня програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої
програми
_____ С.В. Драган
«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту _____ Захлипів Василю Васильовичу
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка інтерактивної моделі складально-зварювального цеху суднобудівного підприємства IV класу

Керівник роботи: канд. техн. наук, професор НУК Драган С.В.

Затверджені наказом ректора № _____ від «_____» _____ 20____ року

2. Термін подання роботи: 12.12. 2023 р.

3. Вихідні дані по роботі: 1. Типовий організаційно-технологічний проект складально-зварювального цеху групи III б. 2. Робочі креслення моторного катера. 3. Режим роботи цеху – двозмінний.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Принципи та зміст організаційно – технологічного проєктування складально – зварювальних цехів у суднобудуванні. 2. Розробка основних положень організаційно – технологічного проєкту цеху. 3. Розробка механізованих технологічних процесів складання і зварювання корпусних конструкцій. 4. Розробка та дослідження інтерактивної моделі цеху. 5. Техніко-економічні показники цеху. 6. Розробка питань охорони праці та техніки безпеки в моделі цеху.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Тема, мета та завдання роботи. 2. Вибір виробу – представника.

3 Розбивка корпусу катера на монтажні блоки. 4. Вихідні дані для

розробки цифрового двійника оргтехпроєкту цеху. 5. Типова виробнича

структура цеху. 6. Типова організаційна структура цеху. 7. Організаційно-

технологічне проєктування складання і зварювання виробу-представника

на МПЛ Розробка технологічного процесу. 8. Вибір оптимального

варіанту МПЛ. 9. Циклограма роботи МПЛ. 10. Технологічна схема

розміщення виробництва у складально-зварювальному цеху. 11. Розробка

інтерактивної моделі виробництва. 12. Застосування елементів

інтерактивної моделі. 13. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 - 6	Драган С.В.		

7. Дата видачі завдання 30.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз змісту організаційно – технологічного проєктування складально – зварювальних цехів у суднобудуванні	05.11. 2023 р.	
2.	Розробка основних положень організаційно – технологічного проєкту цеху	07.11. 2023 р.	
3.	Розробка механізованих технологічних процесів складання і зварювання корпусних конструкцій	14.11.2023 р.	
4.	Розробка та дослідження інтерактивної моделі цеху	20.11. 2023 р.	
5.	Техніко-економічні показники цеху	01.12. 2023р.	
6.	Розробка питань охорони праці та техніки безпеки в моделі цеху.	05.12. 2023 р.	
7.	Підготовка презентації та доповіді	12.12. 2023 р.	

Студент _____ Захлипа В.В.
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи _____ Драган С.В.
(підпис) (ПІБ)

Зміст

Вступ.....	6
1 Принципи та зміст організаційно-технологічного проектування складально – зварювальних цехів у суднобудуванні.....	9
1.1. Основні характеристики складально – зварювальних цехів суднобудівних підприємств різних класів. Виробнича програма цеху....	10
1.2. Методи визначення обсягів складально – зварювальних робіт, трудомісткості та тривалості виробничих операцій.....	19
1.3. Перспективи використання систем автоматизованого проектування виробництва у сучасному суднобудуванні.....	22
1.4. Висновки, мета та завдання кваліфікаційної роботи.....	30
2 Розробка основних положень організаційно – технологічного проекту цеху.....	32
2.1. Вибір секції-представника та аналіз її технологічності.....	33
2.2. Розробка принципової технологічної схеми комплексно- механізованого складально-зварювального цеху	39
2.3. Виробнича та організаційна структура цеху.....	42
Висновки.....	49
3. Розробка механізованих технологічних процесів складання і зварювання корпусних конструкцій.....	51
3.1. Організаційно-технологічне проектування МПЛ складання та зварювання палубної секції катера.....	52
3.2. Механізовані ділянки виготовлення фундаментів, вузлів набору та формування блоків секцій.....	73
Висновки.....	75
4. Розробка та дослідження інтерактивної моделі складально- зварювального цеху.....	77
4.1. Передумови та загальна методика розробки інтерактивної моделі...78	
4.2. Створення цифрового двійника складально – зварювального цеху..81	
4.3. Розробка функціональної моделі.....	88

4.4. Розробка та дослідження інтерактивної моделі.....	92
Висновки	97
5. Техніко – економічні показники цеху.....	99
6. Розробка питань охорони праці та техніки безпеки в моделі цеху.....	103
Загальні висновки.....	105
Список використаних джерел інформації.....	107

					КР.131.6121м.06.00							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата								
Студент		Захлипа В.В.			Вступ				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Драган С.В.									6	108
Консультант									НЧК			
В.О.зав. кафедри		Драган С.В.										

Вступ

Наша країна продовжує переживати «нелегкі часи». Індекс промислової продукції в Україні показує негативну динаміку, яка прийняла перманентний характер. Індекс промислового виробництва найбільш інтенсивно знижувався в періоди криз, політичних і соціальних потрясінь: 2004-2005 рр, 2008-2009рр, 2014-2015 рр., 2020 р. Для машинобудування характерна аналогічна динаміка, але разом з тим темпи падіння виробництва машинобудівної продукції набагато вищі.

На теперішній час суднобудівна промисловість України потребує невідкладних заходів щодо її реформування. Це пояснюється фізичним та моральним зносом основних фондів суднобудівних підприємств, дефіцитом ресурсів, порушеною системою наукового та кадрового забезпечення, тощо.

Проводячи розбудову вітчизняної суднобудівної промисловості, яка має забезпечувати стратегічні цілі розвитку держави слід враховувати сучасний стан підприємств та організацій суднобудівного кластеру України, існуючий досвід передових суднобудівних країн, науково-прикладні досягнення в різних галузях господарювання та основні тренди подальшого розвитку світового суднобудування.

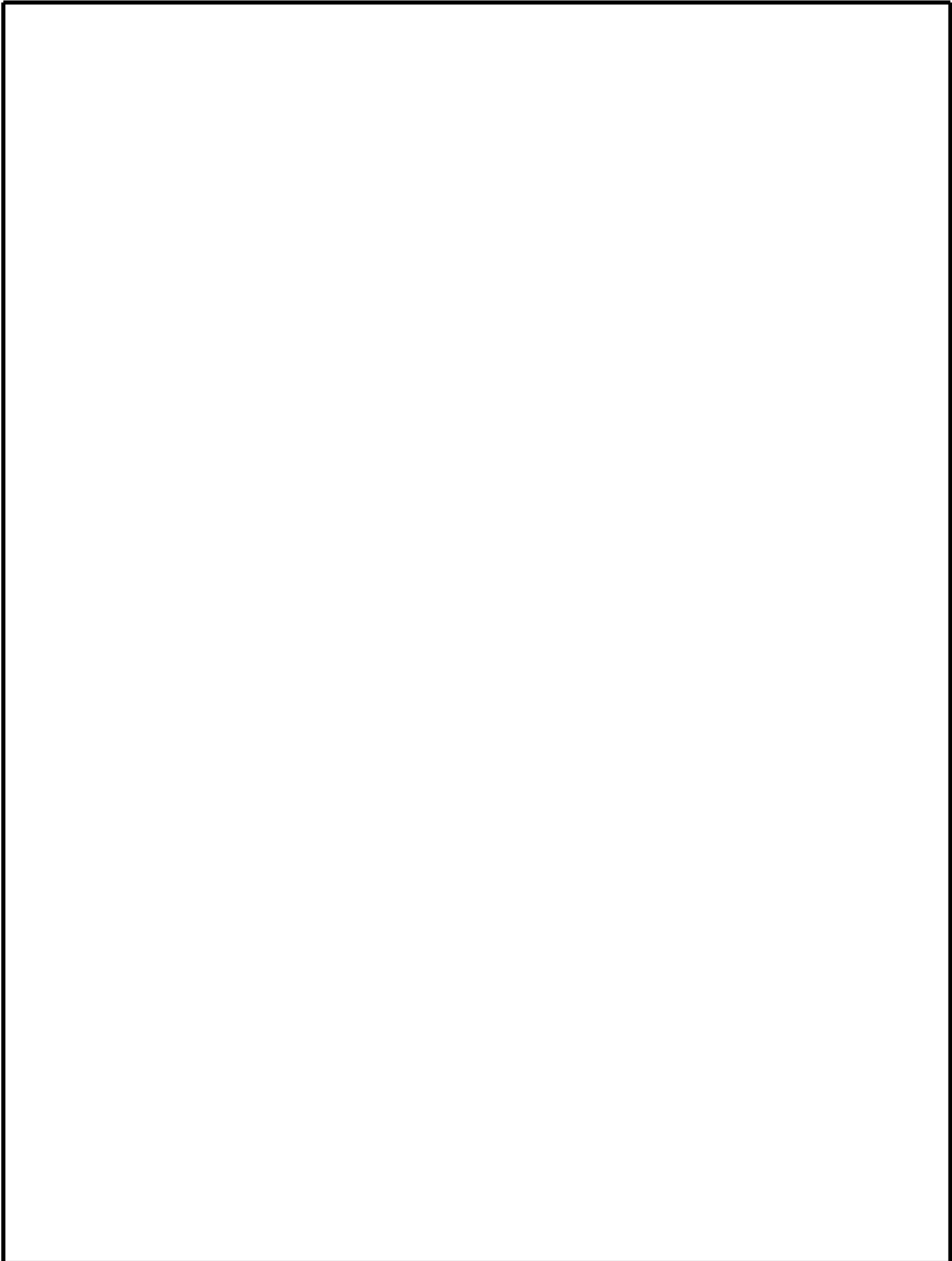
Серед значної кількості завдань, які потребують свого вирішення одним з ключових слід вважати впровадження в суднобудівну галузь України елементів технологічної платформи Shipbuilding 4.0, яка передбачає реалізацію життєвого циклу (PLM) судна на базі цифрових технологій. Перехід до технологічної платформи Shipbuilding 4.0 передбачає: експоненціальне зростання обчислювальної потужності машин, активний розвиток технологій аналізу великих даних, машинного навчання та штучного інтелекту, комп'ютерне проектування властивостей при створенні нових матеріалів, активний розвиток технологій розумних сенсорів, кіберфізичних систем та цифрових двійників, поширення віддалено керованих і автономних систем, глибоке проникнення багатofакторного прецизійного моделювання, генеративного проектування та адитивного виробництва у промисловості.

					КР.131.6121м.06.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		7

Перспективним є використання інформаційного моделювання виробництва, при якому процес планування зводиться до відтворення сценаріїв за допомогою моделі виробництва, заснованої на 3D-моделях виробничих фондів. Процес планування завершується вибором оптимального сценарію, що включає в себе суміщений план робіт по всіх замовленнях. Для наочності результатів моделювання технологічних процесів, достовірної імітації ситуацій, планування стапельного розкладу, можливої модернізації виробничих процесів розроблені геометрично і функціонально подібні 3D-моделі основних елементів виробництва (будівель, споруд, обладнання). 3D-моделі містять всі необхідні експлуатаційні і інженерні дані, мають ідентичне взаємне розташування, прив'язку до місцевості і являють собою тривимірні інформаційні моделі (BIM-моделі). Поєднання BIM-моделей елементів виробничого процесу, розміщених в єдиній системі координат на електронному генплані, являє собою цифровий двійник верфі - «Цифрова верф».

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка інтерактивної цифрової моделі складально-зварювального цеху на основі його організаційно-технологічного проекту для суднобудівного підприємства IV класу - судноскладальної верфі [1].

					КР.131.6121м.06.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		8



					КР.131.6121м.06.01			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Студент	Захлипа В.В.				Принципи та зміст організаційно – технологічного проектування складально – зварювальних цехів у суднобудуванні	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Драган С.В.						9	108
Консультант						НЧК		
В.О.зав. кафедри	Драган С.В.							

1. Принципи та зміст організаційно – технологічного проектування складально – зварювальних цехів у суднобудуванні

1.1. Основні характеристики складально – зварювальних цехів суднобудівних підприємств

Складально-зварювальний цех суднобудівного підприємства – це зазвичай самостійна організаційно-технологічна одиниця, але незважаючи на це, він є, з одного боку, споживачем продукції заготівельного та корпусообробного цехів та складів, а з другого – постачальником своєї продукції для стапельних місць. Таким чином, між складально-зварювальним цехом та іншими цехами і спорудами суднобудівного підприємства існує певний виробничий зв'язок, необхідний для забезпечення нормального виконання процесу випуску суден по підприємству в цілому [2].

Рациональне розміщення в цеху запроектованого виробничого процесу та всіх головних елементів виробництва, необхідних для здійснення цього процесу, передбачає розробку технологічного плану та розрізів цеху, що проектується або підлягає реконструкції, з обґрунтуванням вибору головних його характеристик. Технологічним називають план цеху з розміщеними на ньому всіма видами цехового обладнання, робочими місцями та іншими елементами зварювального виробництва [3].

При проектуванні як усього складально-зварювального цеху, так і його окремих прольотів слід прагнути до забезпечення прямолітності всіх виробничих зв'язків між окремими цехами і прольотами, до найбільш зручного їх взаємного розташування і недопущення зворотних переміщень матеріалів, деталей і вузлів. Дотримання цих положень – запорука раціональної організації не тільки зварювального виробництва, а й усього суднобудівного підприємства.

Усі суднобудівні підприємства залежно від організації побудови суден поділяють на суднобудівні заводи, суднобудівні верфі, судноскладальні верфі та здавальні бази. Найбільш поширеними сьогодні є суднобудівні

верфі – підприємства, які мають засоби виробництва, що забезпечують виготовлення деталей і конструкцій корпусу, корпусного насичення, трубопроводів, систем ізоляції та оздоблення приміщень і забезпечують складально-монтажні роботи при побудові суден, їх випробовування і здавання. Засобів виробництва для виготовлення продукції машинобудування та приладобудування верф не має, тому всі механізми, обладнання, апаратуру та прилади отримує від інших спеціалізованих підприємств. При проектуванні зварювального виробництва, як одного з головних видів у судновому корпусобудуванні, слід враховувати основні показники, що характеризують клас суднобудівного підприємства (табл. 1.1). При цьому одним із показників є габарити секцій, що визначають розміри прольотів складально - зварювального цеху [1].

Таблиця 1.1- Показники класів суднобудівних підприємств

Показники	Клас суднобудівного підприємства				
	I	II	III	IV	V
	Спускова маса судна, т				
	7001 та більше	3501...7000	1001...3500	251...1000	До 250
Судна – представники, маса корпусу Q_c , т	Танкер $Q_c=14000$	Суховантажник $Q_c=6200$	Траулер $Q_c=2500$	Буксир $Q_c=600$	Сейнер $Q_c=90$
Річний випуск маси конструкцій суден, т	140000	136400	87500	39600	9000
Орієнтовні розміри судна, що будується, м					
Ширина корпусу	-	24	19	15	10
Висота корпусу (в районі установлення надбудови)	-	15	12	9,5	8,5
Висота судна габаритна (від ОЛ до найвищої точки надбудови, рубки)	-	28	22	17	12
Орієнтовні найбільші розміри секцій, м					
Довжина	24	24	19	15	10
Ширина	16,5	16,5	10,5	8,5	6,5

Розробка технологічного плану цеху полягає у виборі компоновальної схеми виробництва, що проектується, в установленні геометричних розмірів та числа прольотів, у розміщенні устаткування та робочих місць згідно з

прийнятим у проекті організаційно-технологічним заходом. Складання технологічного плану цеху в цілому та будь-якого з його прольотів являє собою технічну задачу, що допускає кілька рішень. Рациональне розв'язання цієї задачі досягається шляхом паралельної розробки декількох (зазвичай, двох-трьох) варіантів технологічного плану та наступного порівняння їх між собою за техніко-економічними показниками.

Традиційний підхід до розробки технологічного плану складально-зварювального цеху передбачає послідовне виконання наступних робіт. Спочатку розраховують необхідну загальну площу для розміщення проектного виробництва. Для цього використовують три методи [1]:

1. На підставі масштабного зображення розташування прийнятого устаткування, робочих місць та транспортних пристроїв відповідно до технології та організації виробництва з урахуванням необхідних розривів між устаткуванням та робочими місцями, шириною проїздів, а також розміщення допоміжних служб згідно з правилами техніки безпеки та нормами технологічного проектування. Цей метод є найбільш точним, але він потребує наявності повної інформації про розміри устаткування, оснастки, транспортні засоби і т. ін., що не завжди відомо при проектуванні виробництва.

2. За питомими нормами виробничої площі на одиницю обладнання. Розрахунок здійснюють за формулою:

$$S_v = S_{o.o} \cdot n_{об}, \quad (1.1)$$

де S_v – виробнича площа цеху (прольоту цеху), m^2 ; $S_{o.o}$ – виробнича площа для одиниці обладнання або робочих місць, m^2 /обладнання або робоче місце; $n_{об}$ – прийняте число обладнання або робочих місць.

3. За техніко-економічними показниками – випуску продукції за рік з 1 m^2 площі, площі на одного виробничого робітника і т. ін. Так, виробничу площу у залежності від випуску продукції за рік з 1 m^2 площі (S_v) знаходять за формулою

$$S_v = \frac{Пц(п)}{\rho_{ц(п)}}, \quad (1.2)$$

де $\Pi_{ц(п)}$ – розрахункова річна програма цеху, т; $\rho_{ц(п)}$ – випуск продукції за рік з 1 м² виробничої площі цеху, т/м². Для визначення орієнтовних значень виробничої площі цеху користуються укрупненими нормативами (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Питомі показники використання виробничої площі складально – зварювального цеху

Показник	Клас суднобудівного підприємства				
	I	II	III	IV	V
Річний випуск продукції з 1 м ² загальної площі, т/м ³	4,0	3,1	2,4	2,0	1,5
Загальна площа на одного виробничого робітника, м ² / виробничий робітник	53	46	45	44	33
Річна трудомісткість робіт на 1 м ² загальної площі цеху, люд-год/м ²	34	39	40	41	54

Отримане у першому наближенні значення площі цеху та встановлене для даного класу підприємства значення ширини прольоту (табл. 1.3) дозволяє орієнтовно знайти довжину та ширину цеху, що надасть можливість розпочати розробку креслення технологічного плану.

Таблиця 1.3 – Нормативні параметри прольотів складально – зварювальних цехів

Клас суднобудівного підприємства	Ширина прольотів в осях колон, м	Крок колон, м
I	48	24:36
II	48	24:36
III	36	24
IV	30	12:18
V	30	12

У процесі роботи над технологічним планом насамперед вибирають компоувальну схему, далі проводять спеціалізацію прольотів та розміщення в них робочих місць та іншого виробничого устаткування; розміщують складські місця та допоміжні приміщення; узгоджують способи та засоби комплексної механізації та автоматизації в усіх підрозділах виробництва та

схеми внутрішньоцехового транспорту. Компонувальна схема цеху (прольоту) – це схематичне зображення взаємного розташування виробничих, допоміжних, складських, енергетичних та службових приміщень в будівлі [2].

На компонентувальній схемі прольоту цеху вказують лише розташування виробничих площадок (або позицій потокової лінії) і місця складування деталей, вузлів та готових виробів. Компонувальна схема цеху містить сітку колон прольотів та умовне позначення мостових кранів у кожному прольоті. Сіткою колон називають розміри осередку, що являє собою прямокутник, сторони якого дорівнюють ширині прольоту та кроку колон; розміри сітки колон позначають у вигляді добутку кроку колон на ширину прольоту (наприклад, 12×30 , 18×30 , 24×48). При цьому число прольотів та їх довжину (кратну кроку колон) приймають за даними укрупнених розрахунків.

Найбільш раціональним буде такий варіант компонентувальної схеми, при якому буде досягнуто максимальне використання площі прольоту. Прикладом може служити вибір найкращої компонентувальної схеми розміщення робочих місць у прольоті цеху [3]. При цьому передбачено місця складування деталей та вузлів у безпосередній близькості від робочих місць та розташування останніх рядами вздовж прольоту (рис. 1.1).

Число таких рядів або ліній робочих місць L може бути різним. Однак найбільш поширеним є дворядне розташування ліній робочих місць ($L = 2$), доцільність якого ґрунтується на наступних міркуваннях.

У кожному прольоті (I–IV) із зростанням L збільшується його ширина $b_{\text{пр}}$ і, що особливо важливо, змінюється використання площі прольоту. Насправді, якщо прийняти, що ширина корисної площі $b_{\text{л}}$, зайнятої лінією робочих місць, приблизно дорівнює ширині допоміжної площі $b_{\text{пр}}$, зайнятої проїздом, то використання площі становитиме (у %):

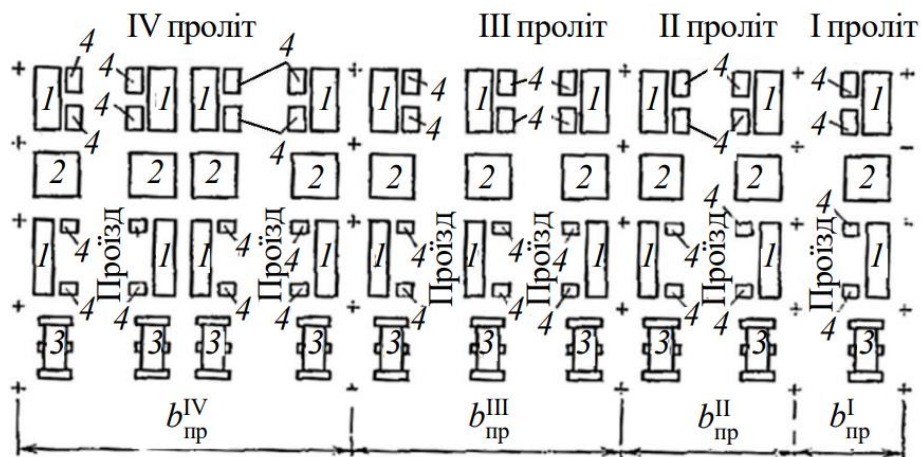


Рис. 1.1– Варіанти розташування робочих місць та обслуговуючих проїздів у прольоті цеху: 1 – складальний стенд; 2- зварювальний стенд; 3 – кантувач; 4 – місце складування деталей або вузлів

- I.....($b_{л} / b_{пр}$) 100 $\approx$ 50;
 II.....($b_{л} / b_{пр}$) 100 $\approx$ 67;
 III.....($b_{л} / b_{пр}$) 100 $\approx$ 60;
 IV.....($b_{л} / b_{пр}$) 100 $\approx$ 67.

З подальшим збільшенням числа L у прольоті також зростатиме потрібне значення $b_{пр}$. Однак використання площі прольоту у всіх випадках не перевищуватиме вказаного для прольотів II і IV значення 67 %. Таким чином, оскільки збільшення ширини прольотів неминуче приводить до зростання вартості конструкції цеху, слід вважати оптимальними варіантами дворядне та чотирирядне розміщення робочих місць у прольоті з одним (при $L = 2$) або двома (при $L = 4$) обслуговуючими проїздами між ними. Ураховуючи різні габарити конструкцій, що входять до складу суден, доцільно в прольотах цеху, де виготовляються відносно невеликі вузли, наприклад дрібні фундаменти, приймати чотирирядне розміщення робочих місць, а для виготовлення секцій, блоків – дворядне. При цьому, залежно від класу підприємства, в одному прольоті можливе, з метою ефективного використання площі цеху, одночасне розташування поточкових ліній і діляниць виготовлення секцій і дрібних металоконструкцій.

Важливим параметром при проектуванні технологічних процесів і організації виробництва зварних конструкцій складально-зварювального цеху є задана виробнича програма – перелік виробів, що підлягають виготовленню за встановлений період часу (зазвичай – рік), з розділенням їх на конструктивно однорідні групи та з вказуванням випуску в кількісному та вартісному вираженні [2].

Проектування механізованих поточкових ліній (МПЛ) у складі обладнання цеху також передбачає визначення ритму роботи МПЛ.

При зміні номенклатури виробів, що підлягають випуску у даному цеху, використовують поняття “приведеної” виробничої програми, яка є характерним показником серійного і, рідше, одиничного виробництва. У корпусних цехах суднобудівного підприємства приведена програма розраховується на випуск певної "секції-представника", параметри якої мають відповідати наступним вимогам [2]:

– найбільш повне об'єднання в собі всіх характерних (конструктивних і технологічних) особливостей секцій, що підлягають виготовленню на даній поточковій лінії;

-складати найбільшу сумарну масу в річній програмі порівняно з іншими секціями даної групи;

– одинична маса "секції-представника" G_0 повинна відрізнятися не більш ніж удвічі від маси G_i кожної з решти секцій, тобто задовольняти умові

$$0,5 \leq \frac{G_i}{G_0} \leq 2 \quad (1.3)$$

Якщо вибрана "секція-представник" не задовольняє вказаному співвідношенню між G_0 і G_i , то всі секції групи поділяють на підгрупи та вибирають представника від кожної підгрупи так, щоб в її межах виконувалася умова (1.3). У разі проектування МПЛ розрахунок показників поточної лінії в виконують для кожного представника підгрупи.

Доцільність організації виготовлення секцій на поточковій механізованій або

автоматизованій лінії визначається мінімальним значенням річної програми випуску "секцій-представників", яке розраховується як: [1]

$$P_{min} = 0,6 \frac{\Phi_{д.м} n}{T}, \quad (1.4)$$

де 0,6 – коефіцієнт використання устаткування лінії на початковому етапі її експлуатації. Для освоєної та налагодженої автоматизованої лінії цей коефіцієнт може підвищитися до 0,7...0,75; n – число робочих місць (позицій) потокової лінії; T – тривалість технологічного процесу; $\Phi_{д.м}$ – дійсний річний фонд виробничого часу робочого місця (або позиції МПЛ) (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Річні фонди часу роботи обладнання при 41-годинному робочому тижні та 10 святкових днях

Обладнання	Фонди часу роботи обладнання								
	Номінальний річний фонд Φ_n , год			Втрати номінального фонду часу, %			Дійсний річний фонд часу Φ_d , год		
Режим роботи, зміни	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Електрозварювальне та газорізальне	2050	4100	6150	2,5	5	7	1999	3895	5720
Механізоване				1,5	3	4	2019	3977	5904
Автоматизоване				4,0	8	10	1968	3772	5535
Робочі місця				-			2050	4100	6150

Дійсний річний фонд часу робочих місць, обладнання, робітників – це число годин протягом року, коли кожний з цих елементів виробництва виконує задану роботу. Дійсні річні фонди отримують із відповідних їм номінальних фондів часу шляхом віднімання неминучих втрат робочого часу.

Втрати робочого часу обладнання та деяких робочих місць складаються із простоїв на планово-попереджувальний ремонт, середні значення цих втрат для деяких видів обладнання наведені в табл. 1.4; втрати робочого часу виробничих робітників пов'язані як з основними та додатковими відпустками, так й іншими поважними причинами, визначеними чинним законодавством, складають близько 10...12 % (табл. 1.5).

Якщо для вибраної "секції-представника" реальна або задана виробнича програма $P \geq P_{min}$, то виготовлення такої секції буде доцільно організувати

на потоковій лінії. В іншому випадку для реалізації технологічного процесу складання і зварювання секції слід організувати спеціалізовану дільницю.

Таблиця 1.5 - Річні фонди часу робітників

Тривалість		Номінальний річний фонд Φ_n , год	Втрати номінального фонду часу, %	Дійсний річний фонд часу $\Phi_{д,год}$
Робочого тижня	Основної відпустки, дні			
41	18	2050	11	1825
41	24	2050	12	1804

При проектуванні потокової лінії, якщо конструкція секції дозволяє виділити вузли, які можна виготовляти одночасно та незалежно від складання секції, наприклад зварні балки набору, то їх слід виключити із потоку та організувати їх виготовлення на окремих робочих місцях поза лінією. Такі вузли подаються на відповідні позиції лінії готовими.

Виробнича програма П і дійсний річний фонд виробничого часу позиції лінії $\Phi_{д,м}$ дозволяють розрахувати параметри, що визначають міру ритмічності та безперервності роботи лінії – ритм потоку і такт випуску виробів [3]. Такт випуску являє собою розрахункову величину проміжку часу між випуском з лінії одного та випуском наступного такого ж самого виробу, що виготовляється безпосередньо за першим:

$$t = \frac{\Phi_{д,м}}{\Pi}, \quad (1.5)$$

Ритм потоку r – це розрахунковий проміжок часу між пульсуючими послідовними передачами з однієї позиції на другу рівного числа m_b однакової продукції:

$$r = t m_b, \quad (1.6)$$

Кожне таке число m_b (шт.) - транспортна партія виробів у процесі їх виготовлення передається одночасно з одного робочого місця потокової лінії на наступне. На потоковій лінії складання та зварювання судових секцій передача виробу здійснюється поштучно і тому $r = t$. Суворі ритмічність та безперервність роботи потокової лінії досягається лише при рівній або кратній

такту випуску тривалості операцій на всіх позиціях На спеціалізованих дільницях цеху умова $r = t$ не є обов'язковою.

1.2. Методи визначення обсягів складально – зварювальних робіт, трудомісткості та тривалості виробничих операцій

При розробці цифрової моделі складально-сварювального цеху для можливості аналізу варіантів технології виготовлення вузлів і секцій та визначення показників оптимального варіанту, особливо при організації потокових ліній, слід використовувати вихідні дані щодо трудомісткості робіт на кожному робочому місці та тривалості всього технологічного процесу. Як відомо, процес встановлення міри витрат праці (або часу) на виконання заданого обсягу робіт чи на виготовлення одиниці продукції, виробітки в одиницю часу або обслуговування засобів виробництва у певних організаційно-технічних умовах – це нормування праці [1].

На суднобудівних підприємствах діють два види норм праці: технічно-обґрунтовані та дослідно-статистичні. Перша з них використовується частіше і передбачає визначення витрат часу, необхідного і достатнього для виконання заданої роботи у певних організаційно-технічних умовах з урахуванням повного використання устаткування та інструменту, застосування раціонального технологічного процесу, передових форм організації праці та обслуговування робочого місця, що виключають непродуктивні витрати та втрати робочого часу. Друга є тимчасовою, тому що ґрунтується на особистому досвіді нормувальника і підлягає коригуванню з наступною заміною технічно-обґрунтованою нормою часу.

Технічно-обґрунтована норма часу (рис. 1.2) передбачає можливість деталізації витрат часу у залежності від обсягу певної роботи, рівня її механізації, характеру непродуктивних втрат часу і тому дозволяє розрахувати її значення з достатньою точністю при розробці цифрового двійника виробництва.

У суднобудуванні при дрібносерійному та одиничному виробництві головною складовою норми часу T_n є штучний часу $T_{ш}$, який розраховується за формулою

$$T_{ш} = T_{оп} K_{заг}, \quad (1.7)$$

де $K_{заг}$ – коефіцієнт, що враховує непродуктивні втрати часу:

$$K_{заг} = 1 + \frac{a_{обс} + a_{в.п}}{100}, \quad (1.8).$$

Тут $a_{обс}$ – відсоток часу на обслуговування робочого місця; $a_{в.п}$ – відсоток часу на відпочинок та особисті потреби.

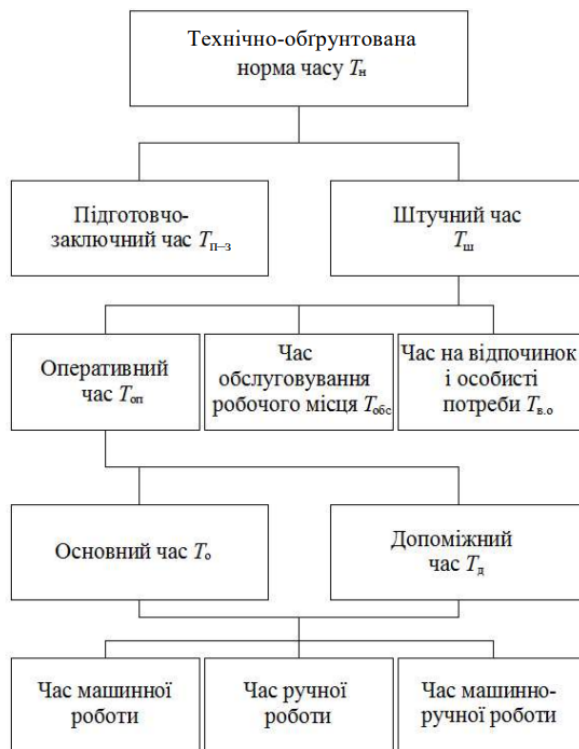


Рис.1.2 - Склад технічно-обґрунтованої норми часу та позначення її елементів

При подетальному нормуванні, коли задані партія деталей, визначають штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = (T_{п-з}/n) + T_{ш}, \quad (1.9)$$

Оперативний час $T_{оп}$ – це час, протягом якого досягається кінцева мета технологічної операції, тобто робітник (або бригада) за допомогою механізмів

або вручну виконує всі роботи, пов'язані з даною операцією. Оперативний час складається з основного T_o та допоміжного $T_{\text{доп}}$ часу.

Основний час T_o – це час, протягом якого здійснюється якісна або кількісна зміна предмета праці, його властивостей, форми, взаємного розташування предметів праці (складання). Основний час затрачується на кожну деталь чи інший предмет праці, що входить у виробниче завдання.

Основний (технологічний) час у суднобудуванні визначається залежно від групи технологічних операцій. Таких груп операцій три.

Перша група охоплює різання листового та профільного прокату, автоматичне зварювання, і т.ін. Для таких і подібних операцій (наприклад, при автоматичному зварюванні) основний час розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L}{v}, \quad (1.10)$$

де L – довжина зварного шва з урахуванням числа проходів, м; v – швидкість зварювання, м/год.

У другій групі операцій тривалість основного часу залежить від кількості нанесеного або видаленого матеріалу (механізовані способи зварювання, наплавлення тощо). Основний час операції розраховується як

$$T_o = \frac{G}{\alpha l}, \quad (1.11)$$

де G – кількість (маса) нанесеного або видаленого матеріалу, г; α – питомий коефіцієнт продуктивності.

До третьої групи відносяться операції, що виконуються з використанням ручної праці і в яких важко відрізнити прийоми основної праці від допоміжних прийомів (розмічування, складання корпусних конструкцій, ізоляційні роботи тощо). Оперативний час цих операцій встановлюється на підставі хронометражу. Опрацьовані результати хронометражних спостережень наводяться у табличній формі та у вигляді емпіричних формул для розрахунків нормативів.

У цілому, норму часу на виготовлення партії деталей або на завдання розраховують за формулою

$$T_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{ш-}ki} N_i = T_{\text{ш-}k1} N_1 + T_{\text{ш-}k2} N_2 \dots + \dots + \dots T_{\text{ш-}kn} N_n, (1.12)$$

де $N_1, N_2, \dots, N_n$ – число деталей, вузлів та ін.

Нормування складальних та зварювальних операцій виконують, як правило, у годинах на 1 м сполучення (або на 1 деталь) [1].

Для визначення норми часу при складанні корпусних конструкцій із вуглецевих (категорії А, Д, Е) та низьколегованих сталей (категорії А32, Д32, Е32, А36) за умови виконання робіт у нижньому положенні на плоскій поверхні користуються емпіричними розрахунковими формулами. При цьому, у залежності від умов виконання робіт, до визначеної норми часу застосовують додаткові коефіцієнти.

Основою для нормування дугового зварювання служать розміри зварних швів, що визначаються стандартами на типи та конструктивні елементи зварних з'єднань відповідно до способів зварювання. Штучно-калькуляційний час зварювання 1 м шва у загальному випадку розраховують за формулою

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 K_{\text{д}} K K_{\text{зр}}, (1.13)$$

де $K_{\text{д}}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує затрати допоміжного часу і залежить від зварюваного виробу; K – коефіцієнт, що враховує час обслуговування робочого місця, час на відпочинок та власні потреби, а також підготовчо-заклучний час; $K_{\text{зр}}$ – коефіцієнт для урахування зручності виконання швів при ручному та механізованому зварюванні.

1.3 Перспективи використання систем автоматизованого проєктування виробництва у сучасному суднобудуванні

Як доводить досвід розвитку передових суднобудівних підприємств впровадження зазначених елементів технологічної платформи Shipbuilding 4.0 та новітніх інформаційних технологій (ІТ) може значною мірою допомогти українським суднобудівним підприємствам подолати прірву техніко-технологічного та організаційного відставання і вивести галузь з кризового стану.

Одним з ключових напрямків вирішення проблеми слід вважати впровадження в практику функціонування суднобудівних підприємств України новітніх інформаційних технологій.

У загальному вигляді система функціонування промислового підприємства як бізнес суб'єкта, як правило, являє собою повторюваний цикл послідовних дій, націлених на отримання прибутку, а саме: пошук замовлення та укладання контракту, планування та постачання ресурсів, планування, виготовлення та контроль якості продукції, підтримку та розвиток основних фондів. При цьому кожен крок здійснюється відповідною підсистемою: стратегічного управління, інжинірингу, оперативного управління, організації робіт виробництва, техніко-технологічного забезпечення. Підсистеми в свою чергу розділяються за організаційно-технічними напрямками: персонал, ПЗ, процеси, які обслуговуються автоматизованими системами або модулями, та засобами їх підтримки: САПР (комбінація CAD, CAM, CAE, PDM), ERP, MES, DSS, PLM, AR, VR.

Результатом проектування у найновітніших САПР є інформаційна модель (ІМ) об'єкта. В такій моделі об'єкт розглядається як єдине ціле і всі елементи моделі зв'язані з базою даних, при цьому кожному з елементів привласнені певні атрибути. Коригування будь-якого атрибуту елемента тягне за собою автоматичні зміни характеристик усього об'єкту проектування.

Розробка ІМ може розглядатися як сучасний підхід до управління життєвим циклом (ЖЦ) об'єкту, який передбачає збір та комплексну обробку всієї проєктної, конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації щодо об'єкта з усіма взаємозв'язками та залежностями - створення так званого цифрового двійника [4]. Цифровий двійник являє собою цифрову копію реального об'єкту (системи) з вичерпним набором його властивостей і повністю відображає внутрішню структуру і закономірності взаємодії об'єкту із зовнішнім середовищем. Під об'єктом розуміється судно, процеси його проєктування, будівництва, виробничі потужності підприємства, тощо.

Вказані вище автоматизовані системи, розподілені за організаційно-технічними напрямками ПЗ і ПК та по підсистемах підприємства, формують пул ІТ, який формується навколо ІМ (рис. 1.3) [5].

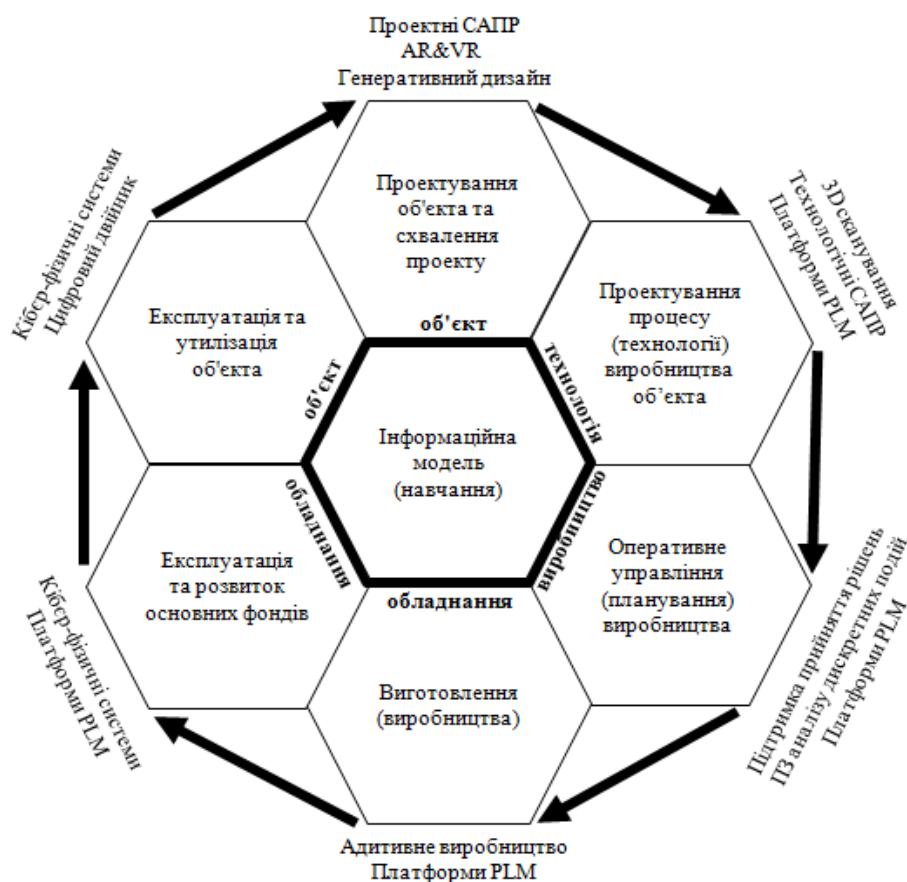


Рис. 1.3- Життєвий цикл судна, сформований навколо інформаційної моделі (ІМ)

Як відомо, сьогодні САПР є основним інструментом на етапі проектування, за допомогою якого автоматизується вирішення більшості проектних завдань. У САПР останніх поколінь, у зв'язку з поступовим переходом до ІМ, переважне значення мають дані, а не графіка. У більшості сучасних САПР використовують низхідне проектування, яке переважає над висхідним. Використовують декілька підходів до моделювання:

- з історією побудови (параметричне та асоціативне), якому притаманна мала гнучкість та інтуїтивність, висока автоматизація та керованість;
- пряме моделювання, для якого характерні висока гнучкість та зручність використання, але недостатній рівень автоматизації;

- синхронне або паралельне (гібридне), яке увібрало в себе більшість переваг прямого та параметричного підходів.

САПР повинна задовольняти ряду вимог, зокрема бути багатофункціональною та гнучкою для конфігурації робочих місць з різним функціоналом і спеціалізацією, бути простою в освоєнні, по можливості невибагливою до комп'ютерних ресурсів, мати широкі можливості обміну з іншими програмними продуктами, бути недорогою і таке інше. Оскільки вимоги достатньо різноманітні, а їх кількість вкрай велика, то більшість сучасних САПР скомпоновані з окремих блоків – програмних модулів (плагінів) на інтеграційній платформі (табл.1.6) або побудовані за модульним принципом (табл.1.7) [5].

Таблиця 1.6 – Деякі екосистеми САПР для суднобудування,
скомпоновані з плагінів на базі ПЗ Rhinoceros 3D

Базове ПЗ	Найменування та позначення плагіну		САПР	Функціонал	Джерело інформації
 rhino3d.com	<i>Orca3D</i>		CAE	теорія корабля	orca3d.com
	<i>RhinoCFD</i>			гідродинаміка	cham.co.uk/rhinoCFD
	<i>Scan&Solve</i>			міцність	intact-solutions.com
	<i>Seanaptic</i>		CAD	ККК (ПКД)	seanaptic.com
	<i>Express Marine</i>				expressmarine3d.com
	<i>SD Nautilus</i>			ККК (ПКД)	savadesign.net
	<i>NotilusDrafting-Steeler</i>				kulucka.io
	<i>Rhinopiping</i>				
	<i>Notilus Piping</i>			Системи та трубопроводи (ПКД)	tomkod.com
	<i>Rhino Nest</i>				kulucka.io
	<i>RhinoCAM</i>		CAM	Корпусо-обробка	tdmsolutions.com
					mecsoft.com/rhinocam/

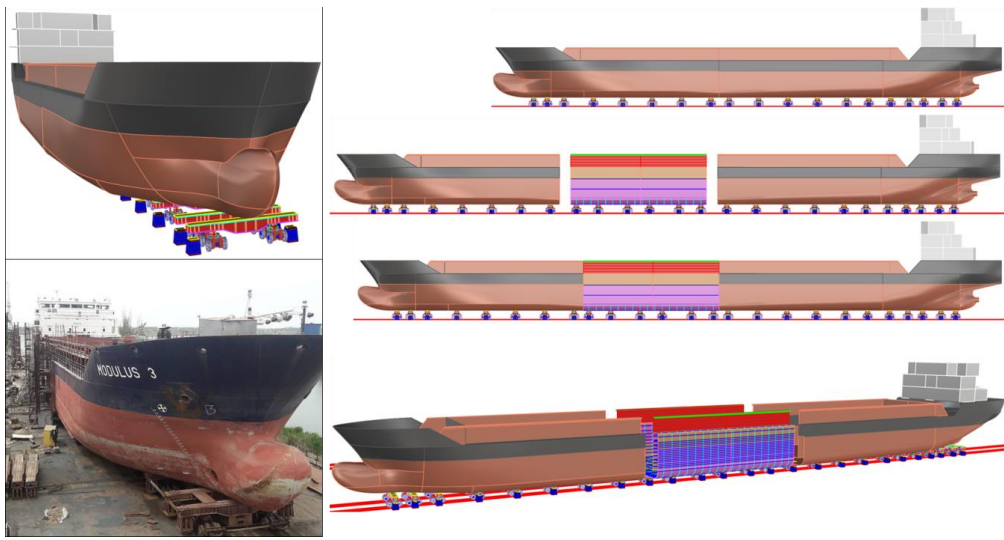
У зазначених САПР існують більше тисячі плагінів для вирішення задач теорії корабля, міцності, конструкції корпусу корабля (ККК), систем та трубопроводів, розробки робочо-конструкторської (РКД) та проєктно-конструкторської (ПКД) документації, підготовки виробництва, програмування, візуалізації, та багато інших.

Таблиця 1.7 - Сучасні САПР для суднобудування, побудовані з модулів

Рівень	Найменування та позначення		САПР	Джерело інформації
Універсальні	<i>AutoCAD</i>		CAD	autodesk.com
	<i>RhinoCeros</i>		CAD+ plug-ins	rhino3d.com
	<i>Solid Works</i>		CAD CAM CAE	solidworks.com
	Компас 3D			kompas.ru
	<i>SolidEdge</i>			solidedge.siemens.com
	<i>T-flex</i>			tflex.ru
	<i>Siemens NX</i>		CAD CAM CAE	plm.automation.siemens.com/nx
	<i>CATIAV5</i>			3ds.com/catia
	<i>AutodeskInventor</i>			autodesk.com/inventor
	<i>Creo PTC</i>			ptc.com/creo
Суднобудівні	<i>Ship constructor</i>		CAD CAM CAE	ssicorporate.com/shipconstructor
	<i>Cadmatic</i>			cadmatic.com
	<i>AvevaMarine</i>			aveva.com

САПР, скомпоновані на інтеграційній платформі, ефективно використовують для суден малого та середнього тоннажу з обмеженою кількістю деталей та зв'язків. Однак, такі системи можуть містити також плагіни, які реалізують сучасні ІТ (3D-сканування та реверсного інжинірингу, доповненої реальності, топологічної оптимізації, адитивного виробництва, роботизації, програмування та ін.), що дає можливість успішно застосовувати вказані САПР і у великотонажному суднобудуванні.

Приклад застосування елементів «Цифрової верфі» на СЗ «Океан» наведений на рис. 1.4 [4].



а



б

Рис. 1.4 - Приклади моделювання виробничих процесів:
а – укрупнення корпусу судна, ***б*** - спуск півкорпусу судна на воду

За допомогою САПР проєктувальник отримує нормативно-довідкову інформацію, ІМ виробу, проводить інженерний та кошторисний аналіз. Збільшенню продуктивності проєктних робіт сприяє наслідування досвіду шляхом повторного використання попередніх вдалих рішень, але це дає суттєвий ефект лише у поєднанні з параметричним моделюванням, коли можливо досить гнучко змінювати геометрію. Крім цього, збільшенню продуктивності сприяє скорочення часу на пошук необхідної інформації, оперативне узгодження та коригування документації.

Найбільш високий рівень інтеграції САПР надають платформи, в які вбудовані алгоритми «кращих практик». Прикладом може слугувати бізнес-платформа 3DExperience від компанії Dassault Systèmes, яка об'єднує рішення з різних доменів: PLM-рішення ENOVIA, CAD-рішення CATIA, CAE-рішення SIMULIA та ін. Через платформу здійснюється доступ до величезної кількості додатків та сервісів для виконання завдань різного роду: проектування, управління проектами, змінами, накопичення досвіду та ін. В основу платформи 3DExperience покладені передові принципи системної інженерії.

Побудова ІМ об'єкту та середовища його функціонування виконується проєктувальником, а ІМ виробництва - технічним департаментом підприємства. За такої умови кожне підприємство повинно мати та підтримувати детальну та постійно поновлювану ІМ свого виробництва – цифровий двійник. Тоді проєктувальник при розробці виробу матиме доступ до повнофункціональних ідентичних ІМ елементів виробництва та технологічних процесів, які визначають особливості виготовлення майбутнього виробу з урахуванням умов його експлуатації. Відповідно, проєктувальник визначає варіанти виготовлення виробу, обмеження і вимоги технології, та вибирає його оптимальну конструкцію ще до початку етапу технологічного проєктування.

В свою чергу, технолог стає рівноправним учасником процесу та вже на початку проєктування може контролювати конфігурацію майбутнього виробу та надавати консультації проєктувальнику, зменшуючи вірогідність помилок, пов'язаних з недостатньою обізнаністю конструктора з технологічними нюансами виробництва.

Інтеграція проєктного та технологічного інжинірингу на базі детальних ІМ робить проєктування та технологічну підготовку виробництва єдиним процесом і поглиблює співпрацю виконавців, завдяки чому скорочується період та вартість будівництва та підвищується якість проєктних рішень. Створення ІМ починається, як правило, з розробки дизайн-моделі, яка поступово ускладнюється і трансформується в розрахункову, а потім – в

конструктивну модель, що містить в собі всю інформацію, необхідну для виготовлення, перевірки виконання вимог замовника та класифікаційного товариства.

Проектування процесу (технології) виробництва об'єкту доцільно виконувати шляхом моделювання ефективних технологічних процесів складання і зварювання за допомогою ІМ з використанням ПЗ технологічної підтримки виробництва, наприклад «Sysweld», «Simufact» та ін. Основним завданням даної системи є організація виробничого процесу відповідно до вимог світових стандартів якості в області зварювального виробництва і виготовлення металоконструкцій.

1.4 Висновки, мета та завдання кваліфікаційної роботи

Аналіз змісту організаційно-технологічного проектування зварювального виробництва в цехах суднобудівних підприємств, методів нормування праці та перспективи використання САПР при проектуванні виробництва можна зробити наступні висновки:

1. Етап проектування зварювальних цехів є дуже важливим, тому що на цьому етапі закладається весь спектр завдань та спроможностей виробництва, яке проектується.
2. Варіативність процесу проектування цеху (вибору компоновочної схеми, розробка технологічного плану) значною мірою визначає ефективність використання виробничої площі цеху і дозволяє вибрати оптимальний варіант.
3. При визначенні оптимального варіанту розміщення виробництва слід передбачати пошук та аналіз оптимальних рішень організаційних та технологічних задач, закладати можливість модернізації різних елементів виробництва.
4. Автоматизація процесу організаційно-технологічного проектування складально-зварювального цеху передбачає вибір відповідного пакету САПР.

Одним з методів розробки ОТП, який дозволяє наочно демонструвати зміст технологічних процесів, аналізувати варіанти організаційної та технологічної схеми виробництва, знаходити оптимальні рішення щодо планування виробництва, є створення інтерактивних цифрових моделей прольоту, цеху, всього підприємства тощо на основі використання сучасних САПР та засобів їх підтримки.

Очікуваним результатом використання інтерактивних моделей може бути підвищення ефективності аналізу діючого виробництва, планування заходів щодо його модернізації або розробка нового виробництва.

Виходячи з викладеного вище, для досягнення поставленої у даній кваліфікаційній роботі мети слід розв'язати наступні завдання:

1. Розробити основні положення ОТП складально-зварювального цеху суднобудівної верфі IV класу.
2. На прикладі технологічного процесу складання і зварювання виробу-представника (палубної секції катера) виконати організаційно-технологічне проектування механізованої потокової лінії з розміщенням її у прольоті цеху.
3. Розробити інтерактивну модель складально-зварювального цеху у складі блоку корпусних цехів верфі.
4. Продемонструвати процес створення цифрового двійника БКЦ.
5. Орієнтовно визначити техніко-економічні показники складально-зварювального цеху.
6. Розробити питання охорони праці та техніки безпеки в цеху

					КР.131.6121м.06.02						
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розробка основних положень організаційно – технологічного проекту цеху						
Студент	Захлипа В.В.										
Керівник	Драган С.В.										
Консультант											
В.О.зав. кафедри	Драган С.В.										
					Літ.			Аркуш		Аркушів	
					НЧК						

2 Розробка основних положень організаційно – технологічного проекту цеху

2.1. Вибір секції-представника та аналіз її технологічності

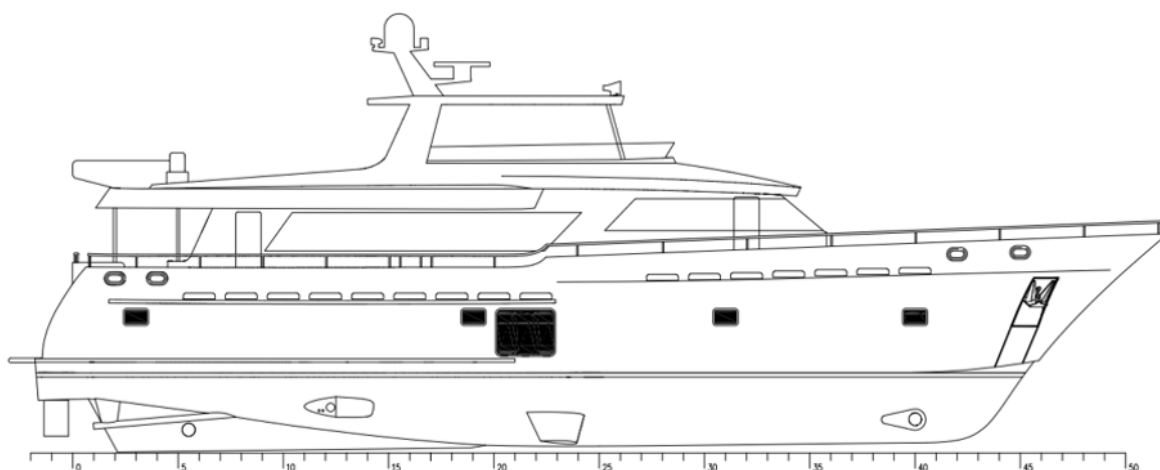
З метою розробки інтерактивної цифрової моделі складально-зварювального цеху суднобудівної верфі було вибрано, як приклад, судно, що входить до номенклатури суднобудівного підприємства IV класу. Таким судном є моторний катер (рис. 2.1) з наступними характеристиками:

Довжина найбільша, м – 27,65;

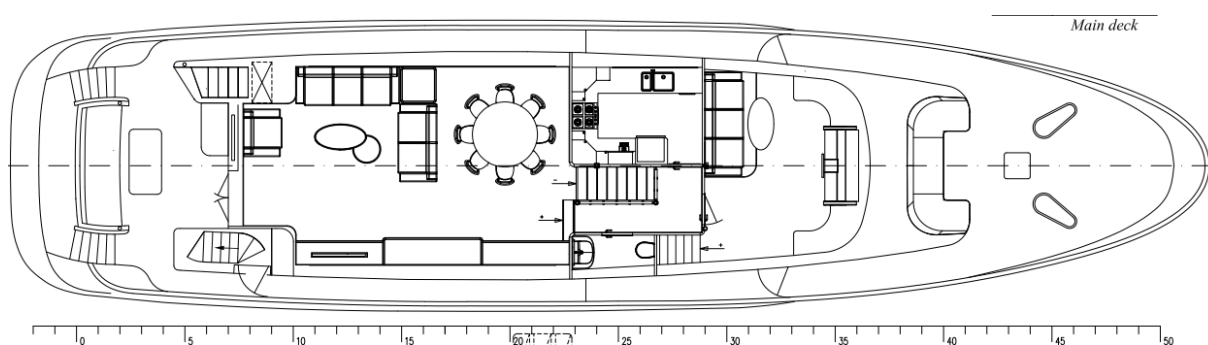
Ширина, м – 6,65;

Висота борту, м – 1,9;

Водотоннажність, т – 120.



a



б

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд катера збоку (*a*)
та зверху на головну палубу (*б*)

Будівництво судна здійснюється блочним методом, розбивка на блоки показана на рис. 2.2.

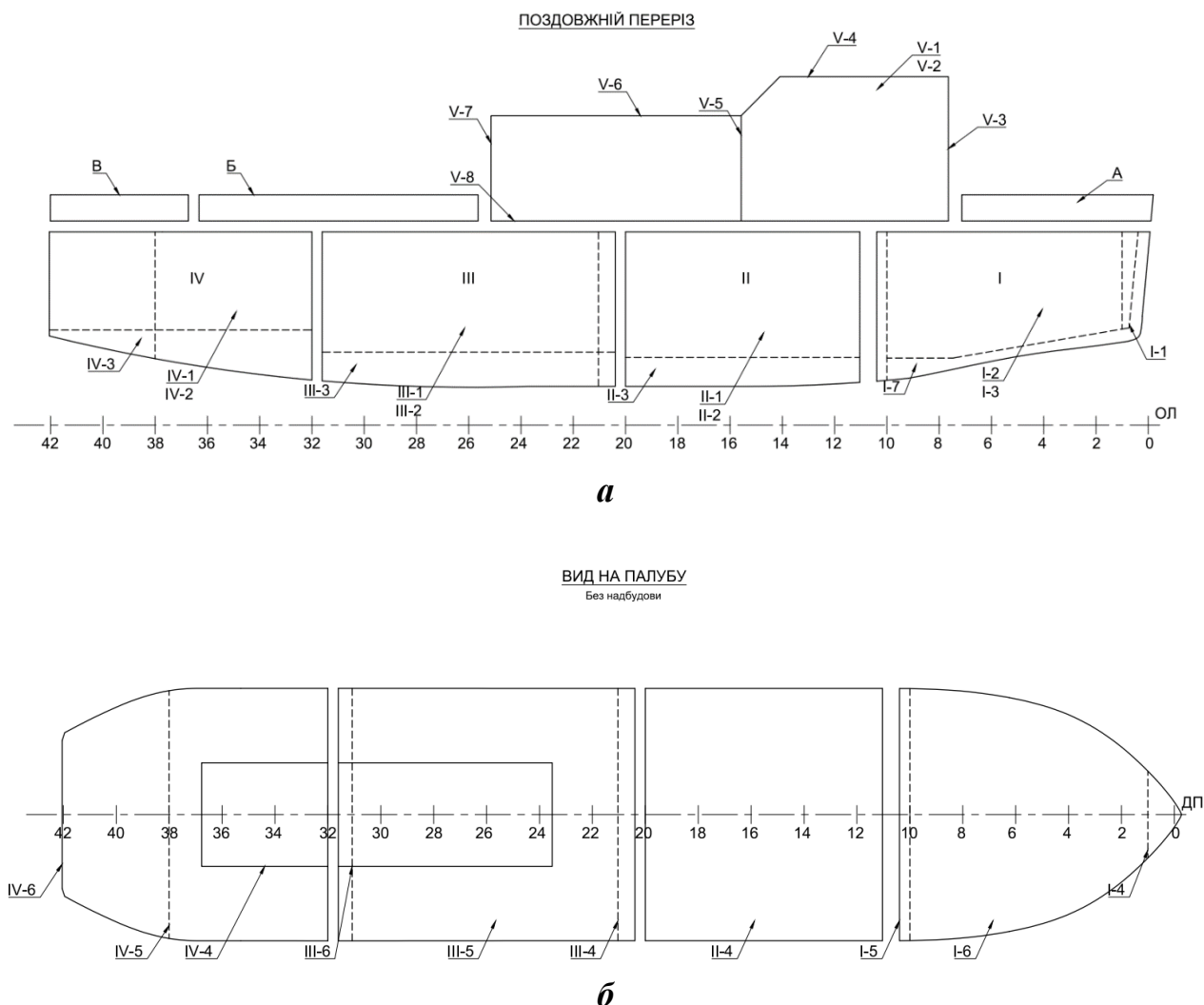


Рисунок 2.2 – Розбивка корпусу катера на монтажні блоки:
 поздовжній переріз (**a**); вид на палубу (**б**).

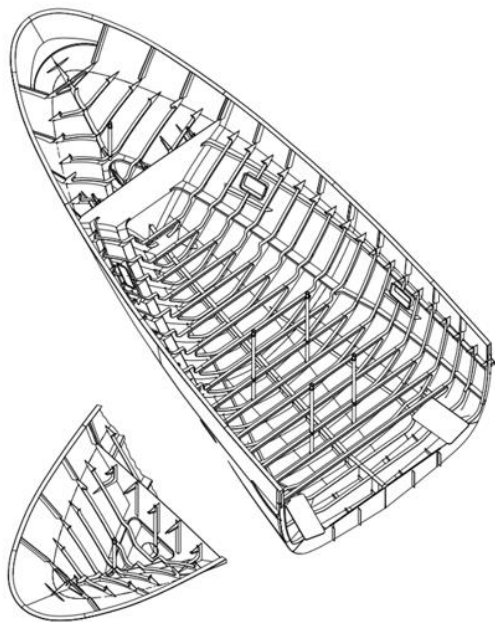
У табл. 2.1 наведені масо-габаритні характеристики всіх 5 блоків та вказані секції, що входять до складу кожного блоку, а також позаблокових секцій.

Таблиця 2.1 - Характеристики складових монтажних блоків

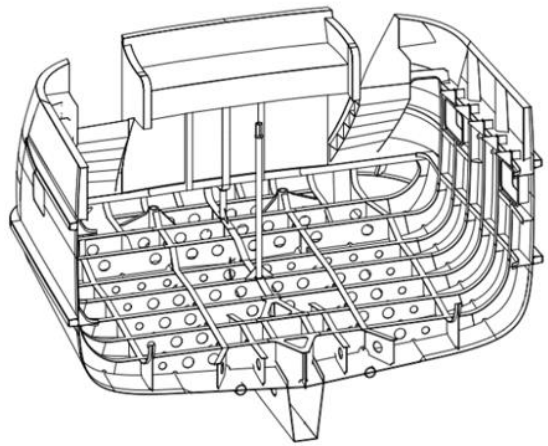
НОМЕР БЛОКА	НАЗВА БЛОКУ	ГАБАРИТ БЛОКУ, м. LxBxH	МАСА БЛОКУ, т	НОМЕР СЕКЦІЇ	НАЗВА СЕКЦІЇ
I	Носовий блок. Район ніс - 10 шп	5.56x3.66x3.0	2.7 (3.1)*	I-1	Носова
				I-2	Бортова Пр.Б
				I-3	Бортова ЛБ
				I-4	Перебірка 3 шп
				I-5	Перебірка 10 шп
				I-6	Палубна
				I-7	Днищова
II	I середній блок. Район 10 - 20 шп	5.2x3.95x2.66	2.8 (3.3)*	II-1	Бортова Пр.Б
				II-2	Бортова ЛБ
				II-3	Днищова
				II-4	Палубна
III	II середній блок. Район 20 - 31 шп	5.3x3.95x2.3	4.09 (4.8)*	III-1	Бортова Пр.Б
				III-2	Бортова ЛБ
				III-3	Днищова
				III-4	Перебірка 21 шп
				III-5	Палубна
				III-6	Перебірка 31 шп
IV	Кормовий блок. Район 31 шп-транець	5.12x3.95x2.1	2.86 (3.5)*	IV-1	Бортова Пр.Б
				IV-2	Бортова ЛБ
				IV-3	Днищова
				IV-4	Палубна
				IV-5	Перебірка 38 шп
				IV-6	Транець
V	Блок надбудов. Район 8 - 23 шп	7.34x2.6x2.5	0.88 (1.3)*	V-1	Стінка Пр.Б
				V-2	Стінка ЛБ
				V-3	Носова стінка рубки
				V-4	Стеля рубки
				V-5	Задня стінка рубки
				V-6	Стеля надбудови
				V-7	Задня стінка надбудови
				V-8	Комінгс
-	-	-	-	A	Фальшборт носовий
-	-	-	-	Б	Секція капа 23 - 36 шп.
-	-	-	-	В	Фальшборт кормовий

* в дужках вказана маса блоків з насиченням

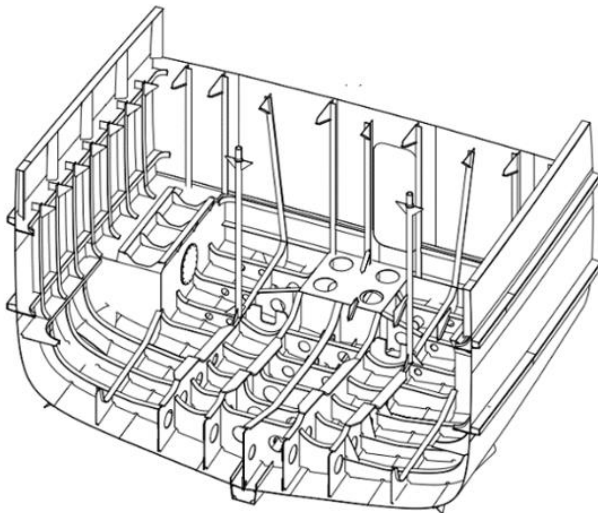
Аналіз конструкції блоків показав, що більшість з блоків формується з трьох типів секцій: днищових, бортових та перебірок (або стінок), причому днищові та бортові секції мають криволінійні формуючі поверхні, а перебірки та стінки – плоскі поверхні. Крім того, до складу блоків входять секції палуби які також мають незначну кривизну настилу у поперечному напрямку. На рис. 2.3 показана аксонометрія деяких блоків.



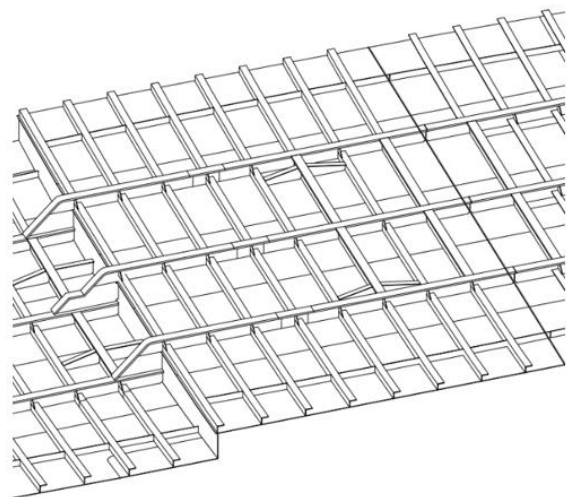
a



b



v



z

Рисунок 2.3 – Аксонометричне зображення блоків: ***a*** - носовий блок;

b - кормовий блок; ***v*** - машинне відділення; ***z*** – палуба

Вид поверхні секції визначає тип складально-зварювальної оснастки, на якій виготовляється секція, та форму організації технологічного процесу: спеціалізована дільниця або механізована потокова лінія (МПЛ).

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

КР.131.6121м.06.02.ПЗ

Арк.

36

Для вибору параметрів секції-представника (див. формулу 1.3) була проаналізована виробнича програма цеху та конструкція вказаних секцій. Результати аналізу наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Зведені результати аналізу виробничої програми

Тип конструкції	К-сть на замовлення, од.	Габаритні розміри, м		Маса М, т
		Довжина, L	Ширина, B	
Днищові секції	4	5,3	3,2	1,6
Бортові секції	8	5,56	3,0	1,2
Палубні секції	5	4,5	6,65	2,5
Блоки корпусу	5	5,56	3,95	4,1

Як виріб - представник обрано секцію верхньої палуби катера (рис. 2.4). Дана зварна конструкція є корпусною. Габаритні розміри секції $L \times B \times H = 4500 \times 6650 \times 180$ мм. Вона належить до площинних секцій, тому що відношення $H/B = 180/4500 = 0,04 < 1/15 = 0,06$. Маса секції $M = 2,5$ т.

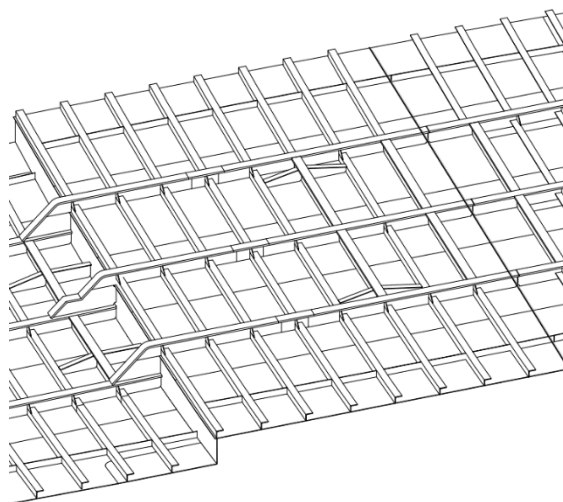


Рисунок 2.4 – Аксонометрія секції-представника

Секція складається з полотнища, набору головного та перехресного напрямку. Система набору секції – поперечна. Полотнище виготовляється з п'яти листів, з яких три листи мають товщину 4 мм та два – 5 мм. Балки головного напрямку (8 шт.) виготовляються з профільного прокату - кутників

розмірами 80х80х7 мм, встановлених зі шпацією – 500 мм, які перерізаються на балках перехресного напрямку. Балки перехресного напрямку – таврові зварні профілі зі стінкою 100х6 мм та полицею 160х20 мм (рис. 2.5).

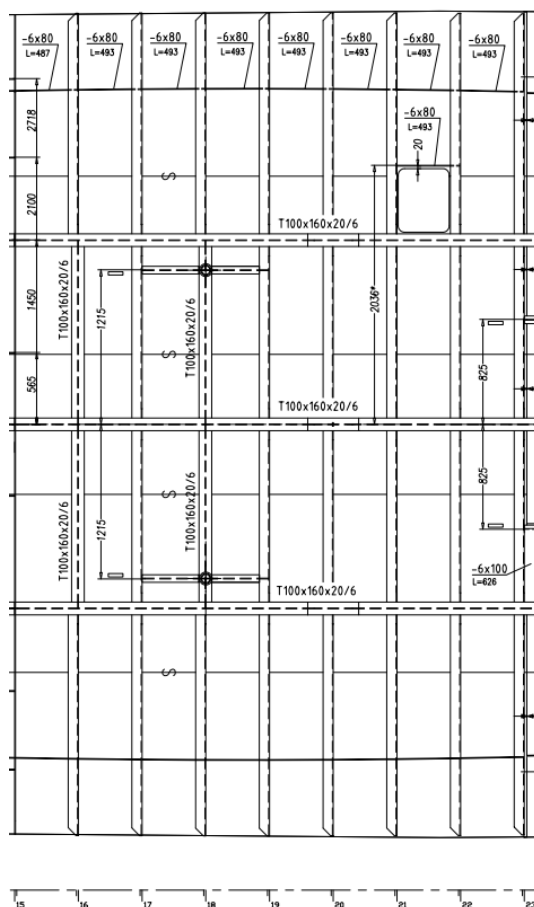


Рисунок 2.5 – Конструкція секції-представника

Конструкція секції достатньо технологічна - вона не має складних вузлів, а балки головного напрямку непрохідні через балки поперечного напрямку та кріпляться до них за допомогою книць. Балки головного набору встановлені паралельно між собою, секція не має криволінійних частин, що дозволяє використовувати автоматичне або роботизоване приварювання балок до полотнища.

Секція виготовляється зі сталі категорії А (СтЗсп). Сталь СтЗсп – вуглецева сталь звичайної якості, яка використовується для виготовлення несучих елементів зварних і незварних конструкцій і деталей. Хімічний склад сталі СтЗсп відповідає вимогам стандартів ДСТУ 2651 і ГОСТ 380. За класифікацією дана сталь - конструкційна вуглецева звичайної якості.

В суднобудуванні сталь СтЗсп також широко застосовують при виготовленні труб різного призначення й перетину, поковок, штамповок і інших металовиробів. Сталь СтЗсп відмінно зварюється всіма видами електродугового зварювання, не схильна до відпускнуї крихкості [7].

Аналіз конструкції секції-представника та матерілу для її виготовлення дозволяє вважати, що секції даного виду придатні до виготовлення в умовах механізованого або автоматизованого виробництва, зокрема на МПЛ та спеціалізованих дільницях.

2.2. Розробка принципової технологічної схеми комплексно-механізованого складально-зварювального цеху

Розробка інтерактивної моделі складально-зварювального цеху верфі ґрунтується на дотриманні основних положень типового організаційно-технологічного проекту (ОТП) для суднобудівних підприємств IV класу.

Метою цього проекту є вирішення задач, які дозволяють: по-перше, підвищити рівень механізації виробництва і по-друге, впровадити прогресивні форми організації виробництва.

ОТП розробляється на основі перевірених на практиці технічних, технологічних та організаційних рішень та аналізу результатів науково – дослідницьких та конструкторських робіт в області механізації. Він враховує досвід застосування окремих механізмів та оснастки на підприємствах суднобудівної галузі.

Типовими в проекті є принципові положення по механізації виробничих процесів та організації робіт. Так, ОТП для суднобудівних підприємств IV класу розроблений з урахуванням розміщення складально-зварювального виробництва в цехах, технологічні характеристики будівель яких відповідають «Нормам технологічного проектування цехів верфі суднобудівних підприємств», а саме:

Ширина прольоту - 30 м;

Крок колон – 24 м;

Вантажопідйомність кранів – 200 кН;

Проект допускає його застосування на підприємствах, що будують судна, та інші металоконструкції, характеристики яких відповідають розрахунковому судну-представнику.

При збільшенні в розрахунковій програмі підприємства кількості криволінійних секцій необхідно розглянути питання заміни лінії вигоронок, яка використовується в якості основної лінії виготовлення плоских секцій будь якого призначення, на іншу лінію або дільницю, згідно з профілем корпусних конструкцій.

Може бути рекомендовано також спосіб виготовлення криволінійних секцій на рухомих або стаціонарних лекальних постелях, з застосуванням рухомих складально – обтискних порталів та поворотних зварювальних стріл.

Типовий ОТП розроблений для спеціалізованого виробництва, яке здійснює серійний випуск однотипних суден, при якому досягаються зовнішні техніко-економічні показники.

При використанні типових рішень для проектування складально – зварювального виробництва, що забезпечує випуск різномісних та різномісних суден, а також для інших металоконструкцій необхідно використовувати поправочні коефіцієнти та перераховувати коефіцієнти завантаження обладнання.

У проекті передбачений двомісний розрахунковий режим роботи виробничих механізованих дільниць при загально цеховому коефіцієнті змінності – 1,7.

У даній роботі принципова технологічна схема комплексно – механізованого складально-зварювального цеху передбачає комплексну механізацію чи автоматизацію виробництва основних типів вузлів та секцій розрахункового судна.

В основу організаційної структури цеху закладено принцип спеціалізації ліній та дільниць по типах продукції, що виготовляється з урахуванням їх технологічної схожості та близькості конструктивно – габаритних характеристик. Передбачено обов’язкове винесення вузлового складання із

					КР.131.6121м.06.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		40

секційного, а також принцип широкого застосування готових підсекцій при секційному та блочному складанні.

При виготовленні плоских секцій передбачено поточний метод виробництва з переміщенням виробу з позиції на позицію – МПЛ. Спеціалізація позицій відповідає виду робіт (складання, зварювання, зачистка, встановлення деталей насичення, кантування і підварювання, перевірка та здача).

При блочному складанні передбачені спеціалізовані стаціонарні постелі, які обслуговуються кран – балкою вантажопідйомністю 10 кН. Для чотирьох робочих місць блочного складання передбачено подвійне місце кантування та добудування блоку.

Організаційно - технологічний проєкт у даній роботі передбачає використання типових рішень по виготовленню суднових конструкцій та основні принципи організації робіт.

У даному проєкті відображене блочне складання катера, так як для розрахункового типу судна-представника воно замінює секційне складання.

Принципова технологічна схема цеху і схеми розміщення та компоновки потокових ліній та механізованих ділень, а також основні положення по виробництву можуть бути використанні при розробці проєктів однотипних цехів чи окремих механізованих ліній та ділень.

Проєкт враховує виробництво тільки сталевих конструкцій.

Технологічне опрацювання номенклатури вузлів, секцій та блоків що виготовляються, а також опрацювання проєктно – конструкторських досліджень, показало, що для будівництва розрахункового судна в складі складально – зварювального цеху необхідно мати наступний склад ліній та ділень:

- Потокова лінія плоских секцій;
- Механізована ділень фундаментів;
- Механізована ділень вузлів (таврових балок);
- Спеціалізована ділень блочного складання.

2.3. Виробнича та організаційна структура цеху

Цех, як виробничий підрозділ, включає адміністративні, виробничі та допоміжні дільниці та служби.

Крім цехових служб, виробнича діяльність цеху забезпечується службами централізованого підпорядкування, а саме:

- Бюро технологічної підготовки виробництва;
- Бюро організації праці та заробітної оплати;
- Зварювальне бюро.

Виробнича структура цеху наведена на рис.2.6 і відповідає складально-зварювальному цеху, який має власну службу механіка та енергетика. При розробці інтерактивної моделі цеху наявність вказаних служб враховується виділенням додаткових площ в адміністративній будівлі.

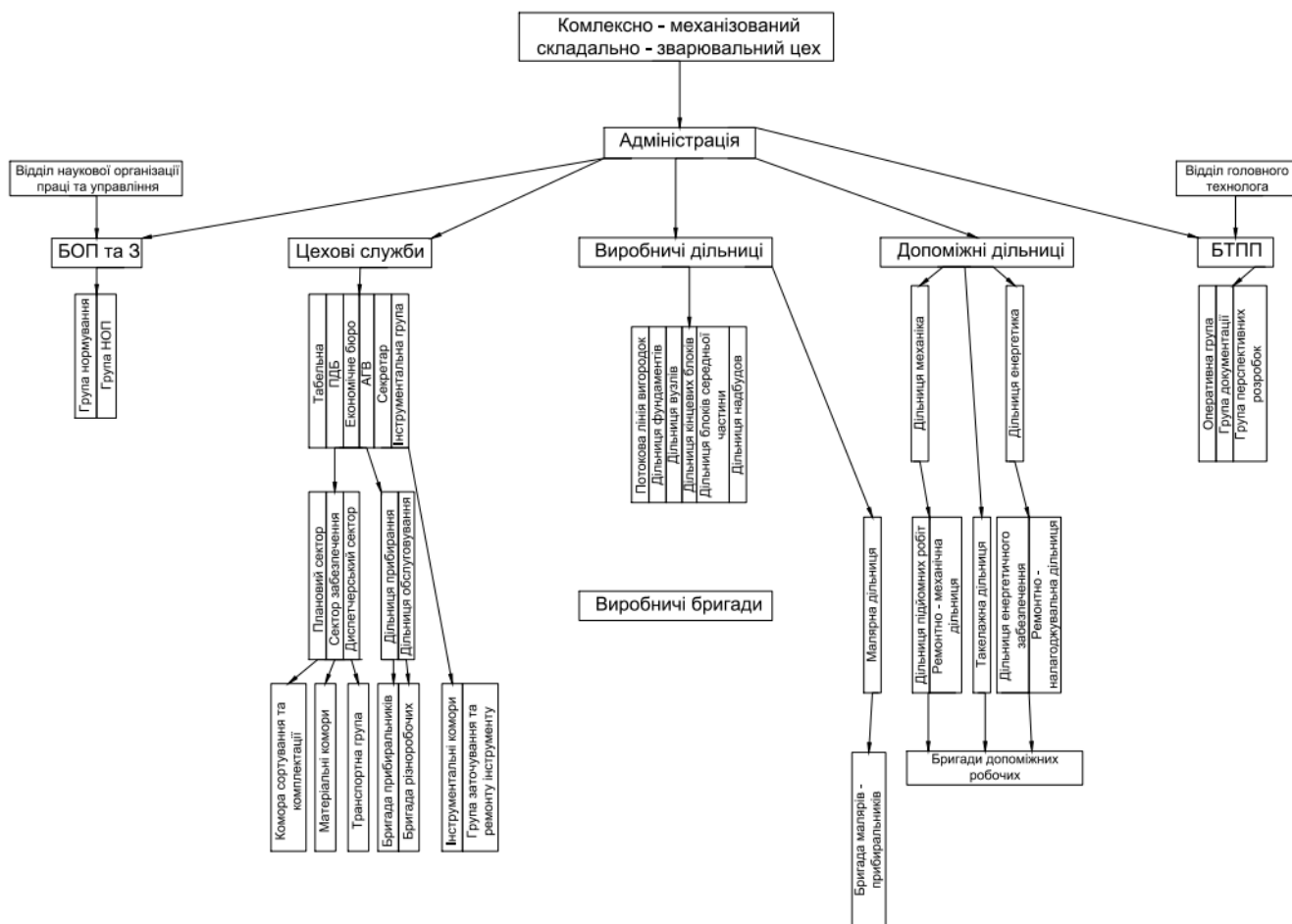


Рисунок 2.6 - Виробнича структура складально-зварювального цеху

Оскільки при розробці ОТП цеху допускається коректування виробничої структури при об'єднанні цехових служб механіка та енергетика в загально

заводські, то у схему на рис.2.6 вводяться загальнозаводські служби та безпосереднє підпорядкування ділень адміністрації цеху.

Організаційна структура цеху відображає необхідний склад служб централізованого підпорядкування та їхній організаційний зв'язок з виробництвом.

Типова організаційна структура цеху, яка наведена на рис. 2.7 і прийнята у даній роботі, передбачає двозмінний режим роботи всіх виробничих та допоміжних ділень та служб цеху.

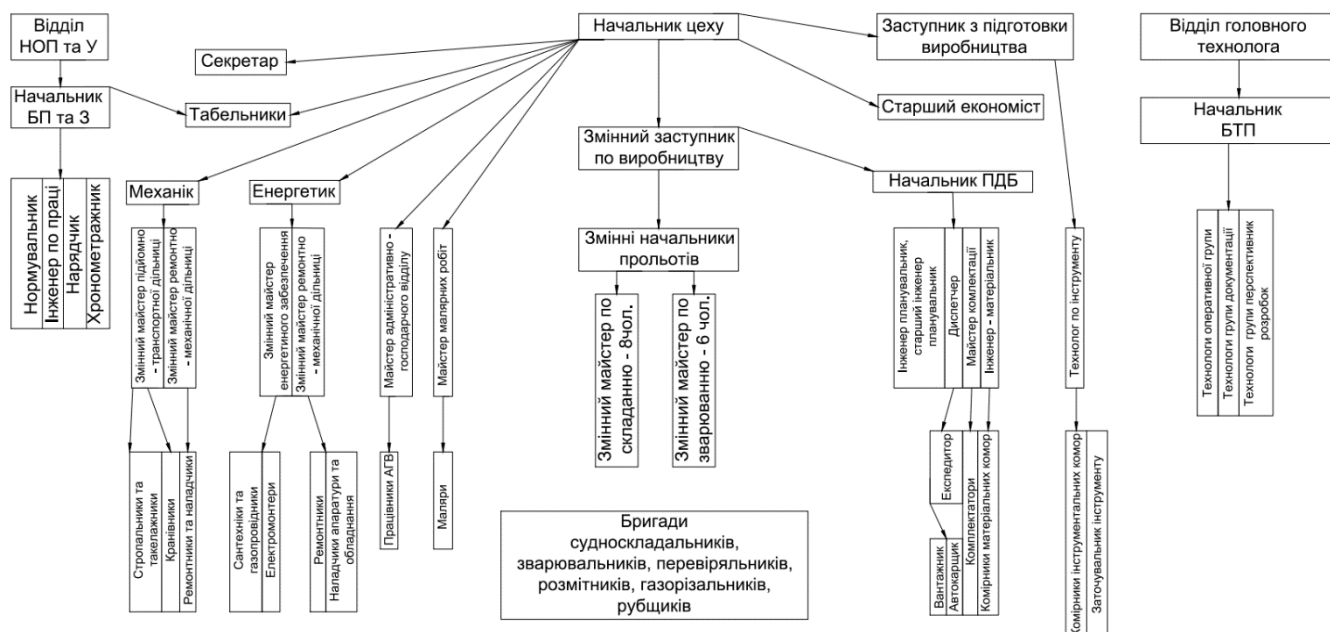


Рисунок 2.7 - Організаційна структура складально-зварювального цеху

Відповідно до наведеної схеми загальне керівництво цехом здійснює начальник цеху через заступника з виробництва, начальників змін прольотів та цехові служби.

Загальне керівництво цеху в другу зміну здійснює змінний начальник прольоту через майстрів змін та чергових робітників служб централізованого підпорядкування.

Для виробничих ділень передбачено введення майстрів змін, для допоміжних ділень – майстрів без введення змінної роботи для механіка, енергетика, майстрів по комплектації та адміністративно – господарчої ділянки.

Виробничі майстри закріплені за дільницями по видах робіт (складання, зварювання тощо) та керують однією чи кількома дільницями чи лініями. Розширення обов'язків виробничих майстрів засновано на удосконаленні принципів організації виробництва, упорядженні систем забезпечення, контролю та оплати праці, на підвищенні персональної відповідальності бригадирів та робітників, що відповідають за роботи на окремих робочих місцях.

Майстри по складанню та зварюванню мають в своєму підпорядкуванні наступні дільниці:

- дільниця плоских секцій, фундаментів та вузлів;
- дільниця кінцівок судна;
- дільниця блоків середньої частини корпусу та надбудови.

Служби цеху виконують свою роботу згідно з положеннями та посадовими інструкціями. Від кожної служби наказом начальника цеху призначаються відповідальні особи з вказівками їх обов'язків щодо обслуговування виробничих дільниць.

Допоміжні робітники закріплюються за групами механізмів чи устаткуванням потокових ліній та затверджуються наказом начальника цеху.

Майстри такелажних та малярних робіт обслуговують всі виробничі дільниці за заявками майстрів та підпорядковуються безпосередньо начальнику прольоту.

Майстер з комплектації підпорядковується безпосередньо начальнику планово – диспетчерського бюро, забезпечує комплектацію деталей для всіх дільниць за заявками інженерів – планувальників та несе відповідальність за прийомку деталей від корпусообробного цеху, здійснює облік надходження та витрати деталей, ступінь укомплектованості технологічних комплектів та забезпечує комплектацію деталями, яких не вистачає.

Служба механіка цеху забезпечує роботу цехових кранів, транспортних засобів та механічної частини встановленого обладнання, транспортних систем та оснастки, виконує їхній ремонт та обслуговування. Також служба механіка

забезпечує виконання стропильних та кантувальних робіт в цеху, виконує ремонт та виготовлення строп для цехових потреб та контролює їх стан.

Служба енергетика цеху забезпечує енергетичне постачання виробничих та допоміжних дільниць, функціонування та ремонт електроапаратури встановленого обладнання, а також пускові та налагоджувальні роботи.

Планово – диспетчерське бюро виконує розробку та забезпечення виробничого плану, виконує оперативне планування, комплектацію та доставку на робочі місця деталей, матеріальне постачання та диспетчерське управління виробництвом.

Інструментально – механічна служба в складі технолога по інструменту та обладнанню, заточувальників та комірників інструментальної комори забезпечує постачання працівників інструментом, технологічним устаткуванням та технологічною оснасткою.

Адміністративно – господарча служба забезпечує підтримання чистоти в цеху та побутових приміщеннях, а також виконання столярних, теслярських, ремонтних робіт, ремонт спецодягу, збір металобрухту. Режим роботи дільниці господарчої служби, в основному, одностійний, для прибиральників – двостійний.

Проектування технологічних процесів у складально-зварювальному цеху передбачає визначення його штатного розкладу. Основою для складання штатного розкладу служать виробнича та організаційна структури цеху з урахуванням забезпечення прийнятого режиму роботи цеху.

У даній роботі штатний розклад цеху (табл. 2.3) складено для двостійного режиму роботи, як це рекомендовано типовими ОТП для суднобудівних підприємств

					КР.131.6121м.06.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

Таблиця 2.3 – Типовий штатний розклад цеху для верфі IV класу

Назва служби	Посада	Чисельність, чол.	Категорія
Управління цехом	Начальник цеху	1	ІТР
	Заступник начальника цеху	1	ІТР
	Табельник	2	РКП
	Секретар	1	РКП
Економічне бюро	Старший економіст	1	ІТР
Планово – диспетчерське бюро	Начальник бюро	1	ІТР
	Старший інженер – планувальник	1	ІТР
	Інженер планувальник	1	ІТР
	Інженер по матеріальному забезпеченню	1	ІТР
	Старший диспетчер	1	ІТР
	Диспетчер	1	ІТР
	Експедитор	1	МОП
	Майстер комплектації	1	ІТР
Інструментально – механічна група	Інженер – технолог по інструменту та обладнанню	1	ІТР
Господарча дільниця	Майстер адміністративно – господарчої дільниці	1	ІТР
Служба механіка	Механік цеху	1	ІТР
	Змінний майстер підйомно – транспортних робіт	2	ІТР
	Майстер ремонтно механічних робіт	1	ІТР
Служба енергетика	Енергетик цеху	1	ІТР
	Майстер енергетичного забезпечення	1	ІТР
	Майстер ремонтно – налагоджувальних робіт	1	ІТР
Виробничі дільниці	Змінний начальник прольоту	2	ІТР
	Змінний майстер по складанню	6	ІТР
	Майстер малярних робіт	1	ІТР
	Змінний майстер по зварюванню	6	ІТР
	Сума:	38	

Примітка: ІТР – інженерно-технічний робітник; РКП – розрахунково-конторський персонал; МОП – молодший обслуговуючий персонал.

Найбільш чисельною категорією штатного розкладу цеху є, як правило, виробничі працівники [2].

Чисельність виробничих працівників визначається розрахунком, виходячи із фактично досягнутої продуктивності типового обладнання та необхідного числа обслуговуючого персоналу (операторів), а також об'єму виробництва на кожній з ділянок цеху [3].

При розрахунку чисельності виробничих працівників для конкретних суднобудівних підприємств зазвичай керуються фактичною продуктивністю типових ліній та ділянок і чисельністю зайнятих на них працівників, з врахуванням виготовлення конструкцій розрахункової програми з коригуванням на шпацию, крок установки поздовжнього набору, товщину обшивки, форму обводів, типу зварювальних швів та інші конструкційні та технологічні фактори. При розрахунку операцій, де застосування механізації неможливе чи економічно не обґрунтовано, застосовують показники трудомісткості з врахуванням організації крупносерійного виробництва [2].

В даній роботі визначена орієнтовна чисельність працівників, яка відповідає середньостатистичному складу працюючих на подібних діючих ділянках, а також даним розрахункової циклограми роботи МПЛ виготовлення площинної секції-представника (див. розд. 3). При зміні розрахункової програми чисельність працівників на лініях та ділянках має бути відкоригована.

Враховуючи особливості ритмічної роботи потокових ліній, велике значення має ступінь завантаження робітників на лінії та на окремих позиціях, яка визначається по формулі:

$$З_{\text{п}} = \frac{T_{\text{поз}} \cdot 100}{T_{\text{с}}}, \quad (2.1)$$

де $З_{\text{п}}$ – завантаження працівника, %; $T_{\text{поз}}$ – фактичний час роботи позиції, год, хв; $T_{\text{с}}$ – тривалість циклу (зміни), год, хв.

В результаті розрахунку повинна редагуватися потрібна кількість працівників, з урахуванням їх періодичного використання на інших позиціях.

Розрахунок кількості працівників, зайнятих ручною працею, на спеціалізованих дільницях розрахована за формулою:

$$\text{Ч} = \frac{T \cdot 100}{B_n \cdot \Phi}, \quad (2.2)$$

де Ч – чисельність, %; Т – розрахункова трудомісткість, нормо - год; В_н – досягнутий відсоток виконання норм; Φ – річний фонд робочого часу одного працівника, год.

Результати розрахунків за формулами (2.1) та (2.2) зведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Орієнтовна чисельність виробничих працівників

Назва дільниці	Професія	Чисельність, чол.	
		У зміну	Загальна
МПЛ плоских секцій та вигоронок	Складальник	4	8
	Зварювальник	4	8
Дільниця фундаментів	Складальник	4	8
	Зварювальник	2	4
Дільниця вузлів	Складальник	4	8
	Зварювальник	3	6
Дільниця кінцевих блоків	Складальник	16	32
	Зварювальник	16	32
Дільниця блоків середньої частини	Складальник	8	16
	Зварювальник	4	8
Дільниця надбудов	Складальник	4	8
	Зварювальник	2	4
Малярна дільниця	Маляр - чистильник	6	12
Дільниця перевірки та випробувань	Перевіряльник	3	6
	Зварювальник	2	4
	Рубщик	2	4
Сума:		84	168

Чисельність допоміжних працівників визначена на підставі аналізу інформації, що міститься у літературних джерелах [8], [9] та наведена в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Чисельність допоміжних працівників

Назва дільниці чи служби	Професія	Чисельність, чол.
Дільниця підйомно – транспортних робіт	Крановик	5
	Стропальник	5
Ремонтно – механічна дільниця	Слюсар – ремонтник	6
Дільниця енергозабезпечення	Електромонтер	4
	Трубопровідник	2
	Слюсар – ремонтник	2
Дільниця налагодження та обслуговування енергетичного обладнання	Електрик – наладчик	4
	Електромонтер	2
	Слюсар – ремонтник	2
Матеріальна комора	Комірник	2
Комори запчастин, інструменту та забезпечення	Комірник	2
	Водій електрокара	2
Дільниця сортування та комплектації	Комплектувальник	6
Господарча дільниця	Прибиральники	6
Сума:		49

Чисельність визначена для двозмінної роботи цеху. Враховуючи недоліки функціонування допоміжних виробництв в умовах повного завантаження та двозмінної роботи комплексно – механізованого цеху чисельність визначена орієнтовно.

Висновки

1. Для вибору виробу-представника розглянуто схему розбивки корпусу катера на блоки та секції, їх конструкцію та показано, що як виріб-представник може бути використана палубна секція.

2. Проаналізована конструкція секції, її технологічність і визначені параметри для розробки технологічного процесу складання і зварювання секції на механізованій потоковій лінії.

3. На підставі аналізу типових виробничої та організаційної структур цеху орієнтовно визначена чисельність працівників по категоріях для двозмінного режиму роботи цеху.

					КР.131.6121м.06.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		50

					КР.131.6121м.06.03.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розробка механізованих технологічних процесів складання і зварювання корпусних конструкцій			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Студент	Захлипа В.В.										51	108
Керівник	Драган С.В.							НУК				
Консультант												
В.О.зав. кафедри	Драган С.В.											

3. Розробка механізованих технологічних процесів складання і

зварювання корпусних конструкцій

3.1. Організаційно-технологічне проектування МПЛ складання та зварювання палубної секції катера

Загальна методика організаційно-технологічного проектування МПЛ виготовлення суднокорпусних конструкцій передбачає послідовне розв'язання наступних завдань:

1. Визначення принципової послідовності виконання складально-зварювальних операцій.
2. Обґрунтування та вибір способів зварювання.
3. Розрахунок або вибір режимів зварювання та обладнання.
4. Розробку змісту технологічного процесу та нормування робіт.
5. Складання варіантів МПЛ та аналіз їх показників.
6. Вибір оптимального варіанту МПЛ та побудова циклограми роботи лінії.

Як описано у розд.2.1, вибраний зварний виріб-представник являє собою палубну секцію катера, що складається із полотнища та набору двох напрямків. Полотнище – листи товщиною 4 та 5 мм, загальна довжина з'єднаних кромок – 18 м. Балки набору головного напрямку (БГН) – 8 РЖ довжиною 6,65 м із кутника 80x80x7 мм; загальна довжина кромок, які притискаються до полотнища – 53,2 м. Високий перехресний набір (БПН) – 3 таврові вузли довжиною 4,5 м, висотою 0,1 м, з товщиною стінки 6 мм. Таврові балки не мають вирізів для проходу БГН.

Під час формування секції складально – зварювальні роботи будуть проводитись в наступній послідовності:

- Складання полотнища;
- Автоматичне зварювання полотнища на флюсомідних підкладках (для формування зворотного боку швів згідно з ГОСТ 8713-79;
- Встановлення та автоматичне двобічне зварювання балок головного напрямку з полотнищем секції (ГОСТ 8713-79);

- Установлення попередньо зварених таврових балок поперечного набору;
- Механізоване зварювання з балок поперечного набору з настилом палуби та балками головного напрямку (14771-76).

Для листів полотнища товщиною 4 та 5 мм призначаємо стикове зварювання з однобічним скосом кромки (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.— Зварні з'єднання при зварюванні полотнища

Тип з'єднання	Форма підготовлених кромки	Характер зварного шва	Форма поперечного перерізу		Спосіб зварювання	Товщина деталей, мм	Умовне позначення з'єднання
			Підготовлених кромки	Зварного шва			
Стикове	Зі скосом кромки	Односторонній			АФм	3-10	С18

Балки головного напрямку приварюються до полотнища двобічним кутовим швом без попередньої підготовки кромки кутників (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Зварні з'єднання при приварюванні БГН до полотнища

Тип з'єднання	Форма підготовлених кромки	Характер зварного шва	Форма поперечного перерізу		Спосіб зварювання	Товщина деталей, мм	Умовне позначення з'єднання
			Підготовлених кромки	Зварного шва			
Таврове	Без сколи кромки	Двосторонній			АФ	3,0-15	Т3

Балки поперечного набору – зварні таври виготовляються попередньо з використанням механізованого способу зварювання у вуглекислому газі (14771-76). Таким же способом таврові балки приварюються до полотнища та до БГН (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Зварні з'єднання при виготовленні балок таврового перерізу та при приварюванні БПН до полотна

Тип з'єднання	Форма підготовлених кромок	Характер зварного шва	Форма поперечного перерізу		Спосіб зварювання	Товщина деталей, мм	Умовне позначення з'єднання
			Підготовлених кромок	Зварного шва			
Таврове	Без скосу кромок	Двухсторонній			УП	0,8-15	ТЗ

Вибір режимів зварювання та зварювальних матеріалів є одним із найважливіших етапів проєктування технологічних процесів зварювання. Основними способами зварювання судових конструкцій є механізоване та автоматичне зварювання у середовищі захисних газів та автоматичне під флюсом.

Якщо суднова конструкція має багато зварних швів великої протяжності та вони розташовані переважно у нижньому положенні (максимальний кут нахилу виробу до горизонту вздовж шва – 8° , уперек шва – 15°), використовують автоматичне зварювання під флюсом. Для зварювання стикових з'єднань полотна секції використовуємо постійний струм зворотної полярності у зв'язку з високою стабільністю дугового процесу. У табл. 3.4 та табл. 3.5 наведені орієнтовні режими автоматичного зварювання під флюсом конструкційних низьковуглецевих і низьколегованих сталей на постійному струмі зворотної полярності залежно від товщини металу та типу з'єднання.

Таблиця 3.4 – Режимы зварювання під флюсом для з'єднань типу С18 за ГОСТ 8713

Товщина деталей, мм	Діаметр дроту, мм	№ проходу	Сила струму, А	Напруга, В	Шв. Зварювання, м/год
До 20	4	1	400..500	28..30	27..39
		2	450..550	31..33	27..39

Таблиця 3.5 – Режими зварювання під флюсом для з'єднань типу Т1 та Т3 за ГОСТ 8713

Товщина стінки, мм	Діаметр дроту, мм	Катет	Сила струму, А	Напруга, В	Шв. зварювання, м/год
6..12	4	5..8	630..670	28..30	35..37

Механізоване зварювання у середовищі захисних газів виконується в усіх положеннях у просторі з використанням суцільного електродного дроту найчастіше діаметром 1,2...1,6 мм. В табл. 3.6 наведено вибір оптимального діаметру зварювального дроту, а в табл. 3.7. – режими механізованого зварювання в захисних газах.

Таблиця 3.6 – Вибір діаметра електродного дроту для механізованого зварювання в захисних газах

Діаметр дроту, мм	Товщина металу швів (мм)	Положення шва у просторі
	Кутових	
1,4..1,6	5,0	Усі крім стельового

Таблиця 3.7 – Режими механізованого зварювання в захисних газах

Катет, мм	Умовне позначення за ГОСТ 14771	Положення	Число проходів	Режим зварювання	
				I, А	U, В
5...10	Т3	Нижнє	1	300..310	29..31
		Вертикальне	1	140..160	19..20
		Горизонтальне	1	140..160	19..20
		Стельове	1	140..160	19..20

Параметри режиму, наведені в табл. 3.5, дійсні для зварювання з'єднань із сталей Ст3сп, 09Г2, 10ХСНД в різних положеннях у просторі, в двоокисі вуглецю електродним дротом Св-08ГСНТ діаметром 1,4 мм, постійним струмом зворотної полярності при вильоті електродного дроту 10...15 мм. Витрата двоокису вуглецю становить 14...16 л/хв. При використанні електродного дроту діаметром 1,2 або 1,6 мм значення сили струму відповідно слід зменшити або збільшити на 15...20 %.

Складання технологічного процесу складання і зварювання, нормування операцій та визначення загальної тривалості процесу виконаємо

виходячи з умови, що річна програма випуску становить 4 катера у серії з 10 суден. Разом з тим обладнання потокової лінії, що проектується, має використовуватися для виготовлення площинних секцій для інших суден. Для розрахунку економічно вигідної річної програми випуску секцій, подібних до вибраної секції-представника, розробимо типовий технологічний процес складання і зварювання площинної палубної секції та визначимо його розрахункову тривалість.

Зміст технологічного процесу та нормування операцій наведемо у табличній формі (табл. 3.9). При цьому виконаємо нормування складальних та зварювальних операцій згідно методики, викладеної у розд. 1.2 даної роботи.

1. Складання полотнища з листів на стенді:

$$T = 0,0052|(s - 6)| + 0,3 \quad (3.1)$$

За цією формулою норма часу розраховується на 1 м з'єднання. s – товщина листа, мм. До норми часу застосовуємо коефіцієнт 1,15 – при складанні полотнищ під зварювання автоматом зі зворотним формуванням шва; загальна довжина з'єднаних кромek $L_{\text{заг}} = 18\text{м}$.

$$T = (0,0052 \cdot |(4 - 6)| + 0,3) \cdot 1,15 = 0,31 \text{ год/м}$$

2. Формування та зварювання таврових балок на комплексно-механізованій лінії МИБ-700. Нормування робіт здійснюється за допомогою даних табл. 3.8.

Виходячи з розмірів таврових балок поперечного набору, по табл. 3.8 приймаємо $T = 0,98$ год. на одну балку, і до вибраного значення застосовуємо коефіцієнт $k = 1,1$, який враховує наявність вирізів у стінці балки для проходження БГН. Тоді, $T = 0,98 \cdot 1,1 = 1,08$ год. на одну балку.

3. Установлення полотнища на стенд:

$$T = (0,087P + 0,02) \cdot (0,0112s + 0,44); \quad (3.2)$$

де s – товщина полотнища, мм; P – півпериметр полотнища, м.

$$T = (0,087 \cdot 11,15 + 0,02) \cdot (0,0112 \cdot 5 + 0,44) = 0,49 \text{ год/шт.}$$

4. Установлення таврового набору на полотнище

$$T = (0,215H + 0,17) \cdot (0,015s + 0,92) \quad (3.3)$$

де s – товщина стінки набору, мм; H – висота набору, м.

$$T = (0,215 \cdot 0,01 + 0,17) \cdot (0,015 \cdot 6 + 0,92) = 0,17 \text{ год/м}$$

5. Нормування зварювальних та інших операцій виконане також за методикою [1], з урахуванням рівня механізації зварювального процесу: формули (1.10) та (1.11) та табличних даних для не зварювальних операцій (розмічування полотнища під установлення набору, зачищення кромки деталей та місць установлення набору тощо).

Таблиця 3.8 - Норми часу на формування та зварювання таврових балок на лінії МИБ-700

Катет шва, мм не більше	Діаметр електродного дроту, мм, не більше	Довжина таврової балки, м, не більше	
		4	5
		Час на одну таврову балку, год	
5	1,2	0,9	0,98
	1,4	0,85	0,92
	1,6	0,8	0,88
	2,0	0,7	0,75
6	1,2	1,0	1,1
	1,4	0,95	1,04
	1,6	0,9	0,98
	2,0	0,85	0,94
8	1,2	1,33	1,43
	1,4	1,3	1,39
	1,6	1,27	1,35
	2,0	1,2	1,3

Таблиця 3,9 – Технологічний процес та трудомісткість складання та зварювання секції

Найменування операції	Переходи	Технологічні комплекси прийомів	Спосіб виконання робіт	Устаткування, оснастка, інструмент	Норма часу, н-год ²	Трудомісткість операції, год
1. Складання полотнища	1.1. Подача листів (дет.1-5) до місця складання	1.1.1. Подати лист (дет.1) на стенд	М	Мостовий кран	0,31 год/м	3,9
		1.1.2. Повторити для (дет.2,3,4,5)	М	Те ж саме		
		1.1.3. Розкласти деталі 1-5 згідно з кресленням	М	Стенд складальний		
	1.2. Зачистка кромок	1.2.1. Зачистити кромки та поверхню листів шириною 20 мм	М	Зачисна переносна машина		
		1.3. Стикування листів між собою	1.3.1. Закріпити дет. 1-5 прихватками, Lпр=20 мм, відстань між прихватками – 200мм, електроди УОНИ 13/55, de=3мм, Izв=140А	Р	Пост ручного зварювання	
	1.4 Встановлення вивідних планок	1.4.1. Приварити вивідні планки по стикум між дет. 1,2,3,4,5	Р	Пост ручного зварювання		
		1.5 Зачистка прихваток та місць приварювання вивідних планок	1.5.1. Зачистити прихватки та місця приварювання вивідних планок на ширині 40 мм відносно осі шва	М	Зачисна переносна машина	
2. Зварювання полотнища	1.6 Здача полотнища ВТК	1.6.1. Провести вимірювання геометрії полотнища, та перевірити відповідність зазорів під зварювання	Р	Вимірювальний інструмент		
	2.1. Зварювання стиків №1 під флюсом зі зворотним формуванням шва на флюсомісній підкладці	2.1.1. Встановити полотно по контрольних лініях на стенді	М	Стенд зварювальний	0,036 год/м	2,01
		2.1.2. Закріпити кромки листів за допомогою клавішних притискачів	М	Стенд зварювальний		
		2.1.3. Підтиснути флюсомісдну балку за допомогою пневмошланга	М	Стенд зварювальний		
		2.1.4. Установити зварювальний автомат над вивідною планкою	М	Стенд зварювальний, автомат А1416		

Продовж. таблиці 3,9 – Технологічний процес та трудомісткість складання та зварювання секції

2. Зварювання полотнища	2.1. Зварювання стиків №1 під флюсом зі зворотним формуванням шва на флюсомісній підкладці		2.1.5. Виконати зварювання стиків напрохід електродним дротом марки СВ-08А на режимі: $d_e=4\text{мм}$, $I_{зв}=500\text{ А}$, $U=30\text{ В}$, $V_{зв}=36\text{ м/год}$, флюс – ОСЦ-45	М,А	Стенд зварювальний, автомат А1416	
			2.1.6. Опустити флюсомісню балку, звільнити полотно від закріплення	М	Стенд зварювальний	
	2.2. Зварювання стиків №2,3,4 під флюсом зі зворотним формуванням шва на флюсомісній підкладці		2.2.1. Перемістити полотно по контрольних лініях на стенді	М	Стенд зварювальний	
			2.2.2. Повторити пп. 2.1.2-2.1.6	М,А	Стенд зварювальний, автомат А1416	
	2.3. Зачищення зварних швів		2.3.1. Зачистити зварні шви, зрізати вивідні планки, зачистити місця зрізу	М	Зачисна та відрізна переносна машина	
3. Складання і зварювання таврових балок на лінії МІБ-700	2.4. Здача полотнища ВТК		2.4.1. Провести контроль зварних швів відповідно до встановлених вимог	Р	Вимірвальний інструмент	
	3.1. Складання і зварювання таврових балок		3.1.1. Встановити поясок та стінку балки на приймальному рольгангу, сформувати балку та перемістити для зварювання, виконати зварювання, замаркувати та зняти балку в накопичувач, зварити недоварені кінці та підварити дефекти. Здати вузол ВТК.	М	Лінія МІБ - 700	1,1 год на балку
			3.1.2. Повторити пп. 3.1.1. для наступних таврових балок			
			4.1. Закріпити полотнище у затискачах кантувальної траверси, перекантувати, звільнити від затискачів	М	Мостовий кран з траверсою	0,5
			5.1. Установити полотнище на плиту сумістити фіксуючі риси полотнища та плити	М	Мостовий кран з траверсою	0,49 год/шт

Продовж. таблиці 3,9 – Технологічний процес та трудомісткість складання та зварювання секції

8.Встановлення БПН	7.2. Зварювання решти балок головного напрямку з полотном 7.3. Зачистка швів	7.2.1. Повторити пп. 7.1.1-7.1.5	de=4мм, I=630A, U=28 В, V _{зв} = 35 м/год, флюс-ОСЦ-45			
			7.1.3. Установити автомат на початку шва, з другого боку балки, зорієнтувати електродний дріт по осі шва	Р	Зварювальний автомат АСУ5 з випрямлячем ВС-600с	
			7.1.4 Виконати зварювання кутового шва катетом 5 мм напрохід з боку, протилежного прихваткам, дротом марки Св-08А на режимі de=4мм, I=630A, U=28 В, V _{зв} = 35 м/год, флюс- ОСЦ-45	А	Зварювальний автомат АСУ5 з випрямлячем ВС-600с	
			7.2.1. Повторити пп. 7.1.1-7.1.5	Р,А	Те ж саме	
	7.4.Здача зварювання ВТК	7.4.1.Провести огляд та контрольне вимірювання зварних швів на відповідність вимогам	7.3.1. Зачистити шви	М	Зачисна переносна машина	
			7.4.1.Провести огляд та контрольне вимірювання зварних швів на відповідність вимогам	Р	Вимірювальний інструмент	
			8.1. Встановлення першої таврової балки	М	Мостовий кран	0,17год/м
			8.1.1. Почергово подати три балки таврового перерізу, розкласти згідно з місцями установки	М	Мостовий кран електромаян. Притискач з домкратом,	
	8.2. Встановлення другої та третьої таврової балки	8.1.2. Виставити першу балку по розмітці на настіл, зусилля притискання 8 кН	8.1.3. . Закріпити балку прихватками, l _{пр} =20 мм, відстань між прихватками – 200мм, електроди УОНИ 13/55, de=4мм, I _{зв} =160А	Р	Пост ручного зварювання	
			8.2.1. Повторити пп. 8.1.2 -8.1.3	М,Р	Мостовий кран, електромаян. Притискач з домкратом, Пост ручного зварювання	
8.3. Зачищення прихваток			Почергово зачистити прихватки	М	Зачисна переносна машина	

Продовж. таблиці 3,9 – Технологічний процес та трудомісткість складання та зварювання секції

9. Зварювання БПН з настилом та БГН	8.4. Здача установлення БПН	Перевірити точність установлення БПН та зазори під зварювання	Р	Вимірковальний інструмент		
	9.1. Зварювання першої таврової балки з настилом та БГН	9.1.1. Приварити таврову балку до кожної БГН через кінці механізованим способом в CO ₂ двобічним швом катетом k=5мм дротом Св-08Г2С на режимі: de=1,6мм, I=300А, U=29 В, V _{зв} = 15 м/год	M	Апарат для механізованого зварювання ПДД 508М. Випрамляч КИУ501	0,08	0,5
		9.1.2. Приварити таврову балку до настилу механізованим способом в CO ₂ двобічним швом катетом k=6мм дротом Св-08Г2С на режимі: de=1,6мм, I=300А, U=29 В, V _{зв} = 20 м/год. Зварювання виконувати симетрично від середини балки до її країв	M	Те ж саме	0,06	1,152
	9.2. Зварювання другої та третьої таврової балки з настилом та БГН	9.2.1. Повторити пп. 9.1.1. – 9.1.2.	M	Те ж саме		
	9.3. Зачистка швів	9.3.1. Зачистити зварні шви	M	Зачисна переносна машина		
10. Контроль якості зварювання. Здавання секції ВТК	9.4. Здача зварювання ВТК	9.4.1. Провести огляд та контроль якості зварних швів на відповідність встановленим вимогам	P	Вимірковальний інструмент		
	10.1. Контроль якості стикових швів	10.1.1. Проконтролювати зварні шви методом УЗК в обсязі відомості контролю	M	Дефектоскоп УСД-50	0,02 год/м	1,1
	10.2. Контроль якості кутових швів	10.2.1. Проконтролювати зварні шви методом УЗК в обсязі відомості контролю	M	Дефектоскоп УСД-50	0,04 год/м	
	Тривалість технологічного процесу					29,4

Сумування трудомісткості робіт усіх операцій показало, що розрахункова тривалість технологічного процесу складання та зварювання секції становить – 29,4 год.

Розрахуємо мінімальну річну програми випуску зварних виробів (секцій,) та розрахунок такту випуску секцій, прийнявши двозмінний режим роботи позицій потокової лінії ($\Phi_{\text{д.м}} = 4100$ год., див. табл. 1.4). Тоді, за формулою (1.4.)

$$P_{\text{min}} = 0,6 \cdot \frac{4100 \cdot 10}{29,4} = 837 \text{ секцій.}$$

Розрахунковий такт випуску секцій (ритм роботи лінії) становитиме (див. формулу (1.5.)).

$$r = t = \frac{4100}{837} = 4,9 \text{ год.}$$

Призначимо умовно час передачі секції з однієї позиції лінії на наступну $t = 0,2$ год. Крім того, зауважимо, що на потоковій лінії формування секції здійснюється на настилі палуби, а таврові балки виготовляються на окремому робочому місці, поза лінією, паралельно і незалежно від виготовлення настилу. Таврові балки, як готові вузли, подаються на відповідну позицію потокової лінії для установа на секцію. Тому операцію виготовлення карлінгсів виключаємо з переліку операцій, що виконуються на потоковій лінії, і тоді послідовність та тривалість операцій відповідатимуть наведеним у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Послідовність робіт на МПЛ

№ операції	Найменування операції	Трудомісткість , н-год
1	Складання полотнища	3,9
2	Зварювання полотнища	2,01
3	Кантування полотнища	0,5
4	Установлення полотнища	0,49
5	Установлення БГН	4,52
6	Зварювання БГН за настилом	2,02
7	Установлення БПН	2,43
8	Зварювання БПН з БГН та настилом	1,7
9	Контроль якості зварювання. Здавання секції ВТК	1,1
Разом		18,67

На основі даних (Табл. 3.10), будуюмо стовпцеву діаграму (рис. 3.1), яка наочно показує розподіл трудомісткості виконання операцій на робочих місцях лінії.

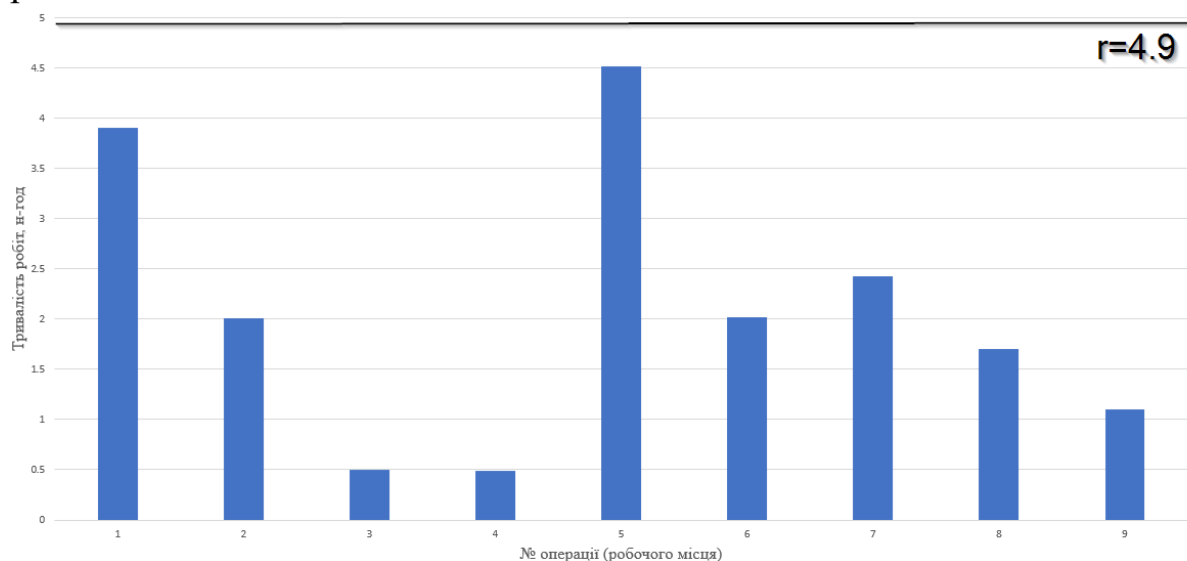


Рисунок 3.1- Вихідна діаграма тривалості операцій на робочих місцях (позиціях) лінії

При цьому зазначимо роботи, виконання яких в умовах неавтоматизованого виробництва потребує участі двох робітників – це складальні (№ 1, 5, 7).

Далі складемо три варіанти структурної схеми МПЛ і з метою вибору оптимального варіанту розраховуємо для кожного з них показники організаційно-технологічного проектування.

Складаємо першу структурну схему (І варіант) механізованої потокової лінії і будуюмо для неї відповідну діаграму розподілу тривалості робіт за позиціями (рис. 3.2).

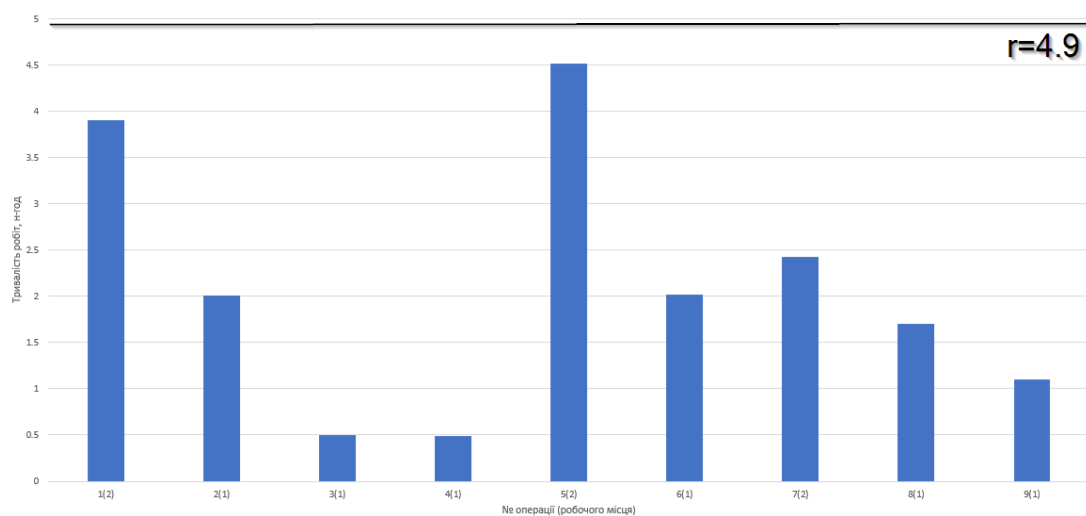


Рисунок 3.2 - Діаграма розподілу трудомісткості операцій по позиціях лінії за І варіантом МПЛ: у дужках – кількість робітників на позиції

Розраховуємо для даного варіанта показники:

- технічна продуктивність лінії:

$$Q_T = \frac{1}{t_{\max}}; \quad (3.5)$$

$$Q_T = \frac{1}{4.52} = 0.22 \text{ шт/год}$$

- середній коефіцієнт завантаження робочих місць (позицій) лінії:

$$K_{з.ср} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \cdot \frac{t_i}{t_{\max}}; \quad (3.6)$$

$$K_{з.ср.} = \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{3,9 + 2,01 + 0,5 + 0,49 + 4,52 + 2,02 + 2,43 + 1,7 + 1,1}{4,52} \right) = 0,46$$

- приведена трудомісткість виготовлення розрахункової секції:

$$T_{пр} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot t_i, \quad (3.7)$$

$$T_{пр.} = 3,9 \cdot 2 + 2,01 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1 + 0,49 \cdot 1 + 4,52 \cdot 2 + 2,02 \cdot 1 + 2,43 \cdot 2 + 1,7 \cdot 1 + 1,1 \cdot 1 = 29,52 \text{ чол. год.}$$

Аналіз діаграми на рис. 3.2 та розрахованих показників проектування дозволяє зробити наступні висновки:

- завантаження робочих місць лінії є нерівномірним і в цілому недостатнім ($K_{з.ср} < 0,6$);
- скорочення тривалості виконання окремих операцій шляхом збільшення кількості робітників не приводить до зниження загальної трудомісткості технологічного процесу.

На підставі зазначеного вище виникає потреба в розробці нового, другого, варіанту лінії з використанням певних способів синхронізації операцій. Насамперед, об'єднаємо операції з малою тривалістю робіт на суміжних позиціях, не порушуючи умови:

$$\sum_{i=1}^k t_i \leq r, \quad (3.8)$$

Такий підхід застосовуємо для операцій, що виконуються на позиціях: 2, 3; 8,9. Тоді зміст технологічного процесу за II варіантом лінії відповідатиме даним табл. 3. 11., а діаграма тривалості робіт – рис. 3.3.

Таблиця 3.11. – Зміст технологічного процесу виготовлення секції за II варіантом МПЛ

№ операції (попередня нумерація позицій)	Номер та зміст операції	Тривалість робіт на позиції	К-ть робітників	Примітка
1(1)	1. Складання полотнища	3,9	2	
2(2+3)	1. Зварювання полотнища 2. Кантування полотнища	2,31	2	Виключаються затрати часу t $= 0,2$ год на переміщення виробу
3(4)	1. Установлення полотнища	0,49	1	
4(5)	1. Установлення БГН	4,52	2	
5(6)	1. Зварювання БГН за настилом	2,02	1	
6(7)	1. Установлення БПН	2,43	2	
7(8+9)	1. Зварювання БПН з БГН та настилом 2. Контроль якості зварювання. Здавання секції ВТК	2,6	2	Виключаються затрати часу t $= 0,2$ год на переміщення виробу
Разом		18,27		

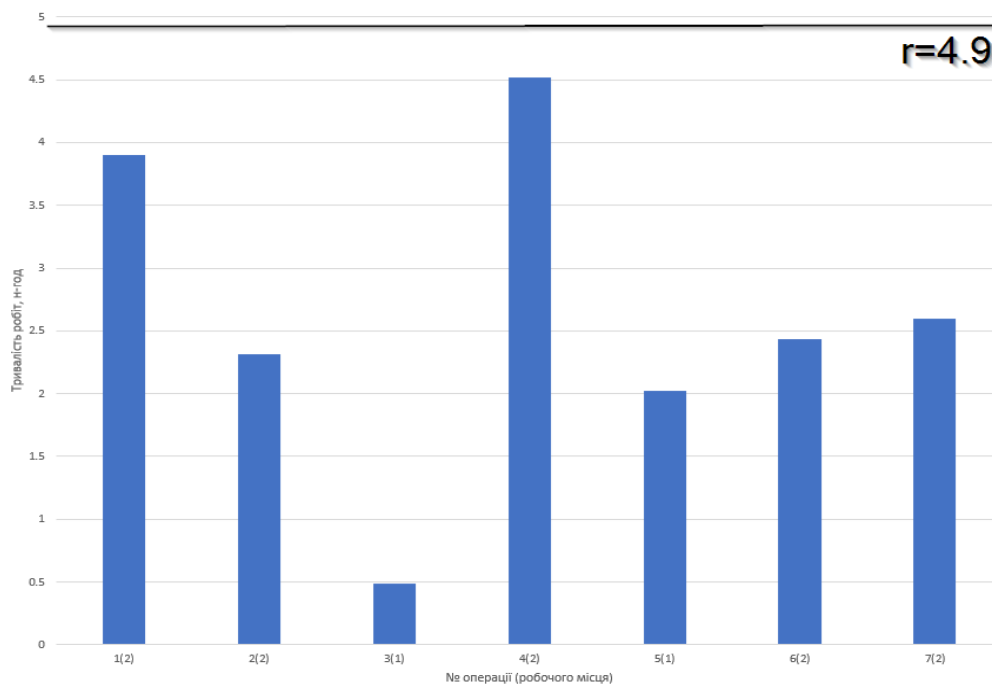


Рисунок 3.3 - Діаграма розподілу трудомісткості операцій по позиціях лінії за II варіантом МПЛ: у дужках – кількість робітників на позиції

Розраховуємо для даного варіанта показники за формулами (3.5) – (3.7):

- технічна продуктивність лінії:

$$Q_T = \frac{1}{4.52} = 0.22 \text{ шт/год}$$

- середній коефіцієнт завантаження робочих місць (позицій) лінії:

$$K_{з.ср.} = \frac{1}{7} \cdot \left(\frac{3.9 + 2.31 + 0.49 + 4.52 + 2.02 + 2.43 + 2.6}{4.52} \right) = 0.58$$

- приведена трудомісткість виготовлення розрахункової секції:

$$T_{пр.} = 3.9 \cdot 2 + 2.31 \cdot 2 + 0.49 \cdot 1 + 4.52 \cdot 2 + 2.02 \cdot 1 + 2.43 \cdot 2 + 2.6 \cdot 2 = 34.03 \text{ чол. год.}$$

Аналіз отриманих результатів показує, що запропоновані заходи щодо синхронізації операцій дозволили зменшити необхідну кількість позицій потокової лінії з 9 до 7, та до збільшення середнього коефіцієнту завантаження потокової лінії. Але при цьому приведена трудомісткість робіт підвищилася на 5 год за рахунок незмінної чисельності робітників на лінії. Цей фактор примушує застосування інших, більш ефективних, способів синхронізації операцій, у першу чергу скорочення чисельності

робітників на найбільш трудомістких операціях за рахунок упровадження механізованих засобів технологічного оснащення виробництва і високопродуктивного зварювального устаткування.

Оскільки одними з найбільш трудомістких робіт при формуванні секцій є установлення та обтискання набору, то використання спеціалізованих складальних агрегатів на відповідних позиціях лінії забезпечує суттєве, не менше 50 %, зниження трудомісткості складальних операцій. Такі агрегати часто об'єднують з автоматами для приварювання набору, що дозволяє виконувати складально-зварювальні операції на одній позиції і одночасно скоротити кількість робітників-судноскладальників на потоковій лінії. У МПЛ виготовлення площинних секцій застосування складально-зварювального агрегату доцільно на позиції установлення балок НГН з об'єднанням цієї позиції з позицією приварювання набору до полотнища, а також упровадження складального агрегату на позиції установлення балок НПН. Крім того, приварювання балок НГН виконується одночасно двома головками від середини балки до країв.

Такі організаційні заходи дозволяють скоротити тривалість складальних операцій на 50 %. З урахуванням означених заходів зміст III варіанта лінії відповідає даним табл. 3.12, а діаграма тривалості робіт – рис. 3.4.

Таблиця 3. 12 – Зміст технологічного процесу виготовлення секції за III варіантом МПЛ

№ операції (попередня нумерація позицій)	Номер та зміст операції	Тривалість робіт на позиції	К-ть робітників	Примітка
1(1)	1. Складання полотнища	3,9	2	
2(2)	1. Зварювання полотнища 2. Кантування полотнища	2,31	2	
3(3)	1. Установлення полотнища	0,49	1	
4(4+5)	1. Установлення БГН 2. Зварювання БГН за настилом	4,08	2	Скорочення трудомісткості складальних робіт. Зварювання одночасно двома головками. Виключаються

				затрати часу t = 0,2 год на переміщення виробу
5(6)	1.Установлення БПН	2,43	2	
6(7)	1.Зварювання БПН з БГН та настилом 2.Контроль якості зварювання. Здавання секції ВТК	2,6	2	

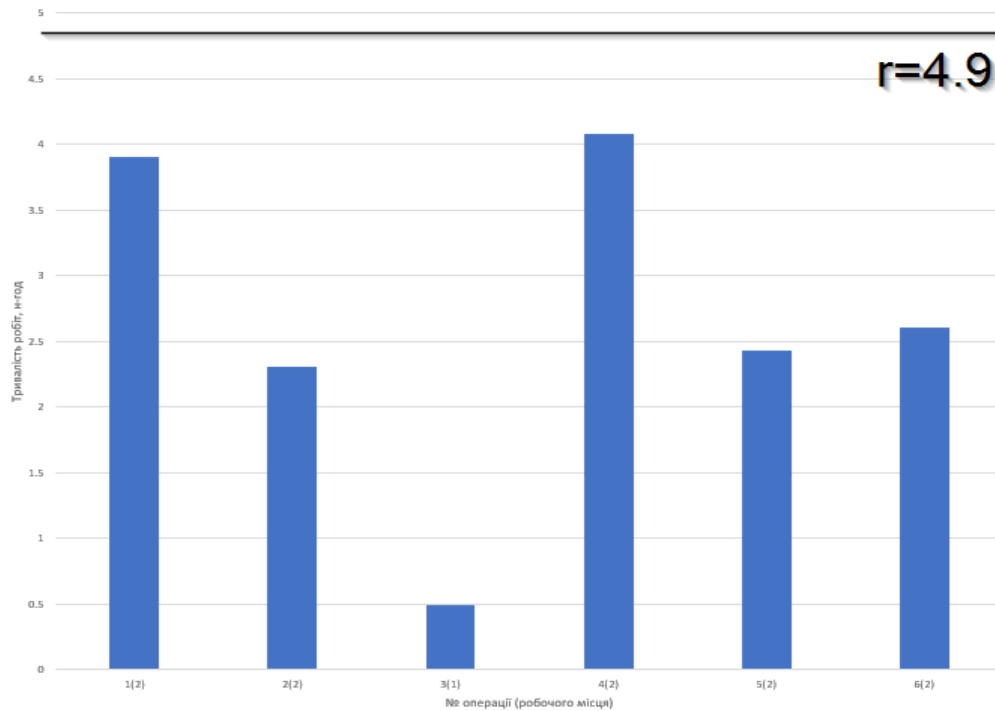


Рисунок 3.4. - Діаграма розподілу трудомісткості операцій по позиціях лінії за III варіантом МПЛ: у дужках – кількість робітників на позиції
Розраховуємо для даного варіанта відповідні показники:

- технічна продуктивність лінії:

$$Q_T = \frac{1}{4.08} = 0.25 \text{ шт/год}$$

- середній коефіцієнт завантаження робочих місць (позицій) лінії:

$$K_{з.ср.} = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{3,9 + 2,31 + 0,49 + 4,08 + 2,43 + 2,6}{4,08} \right) = 0,65$$

– приведена трудомісткість виготовлення розрахункової секції:

$$T_{пр.} = 3,9 \cdot 2 + 2,31 \cdot 2 + 0,49 \cdot 1 + 4,08 \cdot 2 + 2,43 \cdot 2 + 2,6 \cdot 2 = \\ = 31,3 \text{ чол. год.}$$

Таблиця 3.13. - Порівняння показників варіантів МПЛ

Показник	Варіант		
	I	II	III
Q _т , шт./год	0,22	0,22	0,25
K _{з.ср}	0,46	0,58	0,65
T _{пр} , люд.-год	29,52	34,03	31,3
Число позицій, n	9	7	6
Число робітників, а	12	12	11

Порівняння отриманих останніх значень показників з відповідними для попередніх варіантів (табл. 3.13) підтверджує доцільність упровадження вибраних в III варіанті способів синхронізації операцій на потоковій лінії.

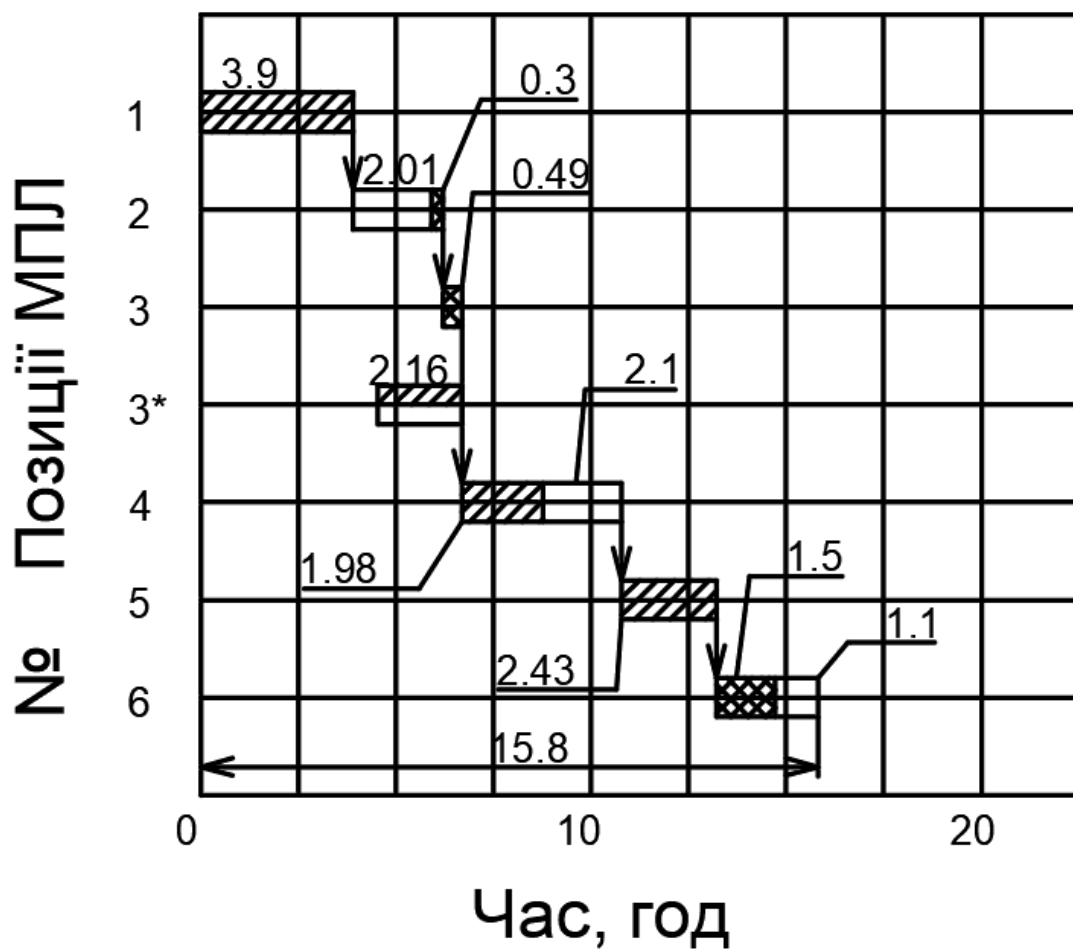
Результати виконаних розрахунків служать основою для вибору оптимальної структурної схеми (варіанта) механізованої потокової лінії з урахуванням нормативних обмежень (табл. 3.14).

Таблиця 3. 14 - Відповідність показників організаційно-технологічного проектування МПЛ критеріям оптимізації

Показник	Варіант			Нормативне значення
	I	II	III	
Q _т , шт./год	0,22	0,22	0,25	0,204 – 0,250
K _{з.ср}	0,46	0,58	0,65	Не менше 0,6
T _{пр} , люд.-год	29,52	34,03	31,3	min
Число позицій, n	9	7	6	min
Число робітників, а	12	12	11	min

Порівняння результатів розрахунку показує, що оптимальним із розглянутих варіантів структурної схеми МПЛ є варіант III.

Заключним етапом проектування технологічного процесу виготовлення зварного виробу на МПЛ є побудова циклограми її роботи з урахуванням кількості робітників, що працюють одночасно та разом на певній виробничій позиції. Загальна тривалість виготовлення заданої зварної конструкції служить показником рівня організації технологічного процесу, а відповідно, показником якості його розробки.



 - складання;
  - зварювання;
  - інші операції;

Рисунок 3.5 - Циклограма роботи МПЛ при виготовленні розрахункової секції з урахуванням паралельного складання і зварювання таврових вузлів набору

Побудована циклограма послідовно-паралельного виконання всіх операцій на спроектованій МПЛ (рис. 3.5) свідчить про скорочення тривалості технологічного процесу на 46,3 % внаслідок синхронізації операцій та впровадження сучасного високопродуктивного обладнання.

Подібну будову може мати розроблена ще в кінці 90-х років типова МПЛ виготовлення плоских підсекцій та вигородок.

На такій лінії виготовляють як плоскі секції з привареним набором, так і гофровані тонколистові вигородки. Виготовлення вигородок виконують на 5 позиціях:

- Перша позиція – складання та зварювання полотнища;

- Друга позиція – кантування, встановлення насичення та здача перебірок;
- Третя позиція – правка полотнища, зачистка місць встановлення набору, встановлення та приварка набору;
- Четверта позиція – встановлення та приварювання перехресного набору;
- П'ята позиція – кантування секції, зварювання дефектних швів, встановлення та зварювання насичення, здача на конструктивність.

На першій позиції листи за допомогою спеціального листоукладчика викладають на стенд в зону дії прийомного ланцюгового транспортера, наводять на флюсомідну балку агрегату та виконують автоматичне зварювання пазів за допомогою зварювального порталу. Складання полотнища проводять методом нарощування. Після зварювання полотнище ланцюговим транспортером, передається на другу позицію.

На другій позиції кантують секції за допомогою кантувача, встановлюють та приварюють насичення вручну та здають секції технічному контролю.

На третій позиції виконують правку зварних швів полотнища методом прокатування, а також механізовану зачистку зони встановлення набору та самих балок набору, автоматичну подачу, обтиснення та приварювання набору до полотнища з виконанням зворотного вигину в цілях запобігання зварювальних деформацій після приварювання набору.

На четвертій позиції встановлюють та приварюють перехресний набір за допомогою поворотної стріли, обладнаної захватом, притискачем та апаратами для механізованого зварювання.

На п'ятій позиції проводять кантування секцій, зварювання дефектних ділянок швів, встановлення та зварювання деталей насичення та місцевих підкріплень. Готові секції знімають з лінії за допомогою крану. Техніко-економічні показники такої лінії наведені в табл. 5.1.

					КР.131.6121м.06.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		72

3.2. Механізовані ділянки виготовлення фундаментів , вузлів набору та формування блоків секцій

При розробці технологічного плану складально-зварювального цеху мають бути передбачені ділянки виготовлення зварних вузлів набору та фундаментів, а також формування блоків секцій корпусів суден.

Ділянка фундаментів

З метою раціонального використання обладнання зазвичай фундаменти розподіляють по конструктивним ознакам на групи: дрібні, циліндричні, плоскі, великі.

Прикладом типової технології складання фундаменту може служити технологія виготовлення дрібного фундаменту для пульта керування вентиляційної системи в машинному відділенні катера (рис. 3.6):

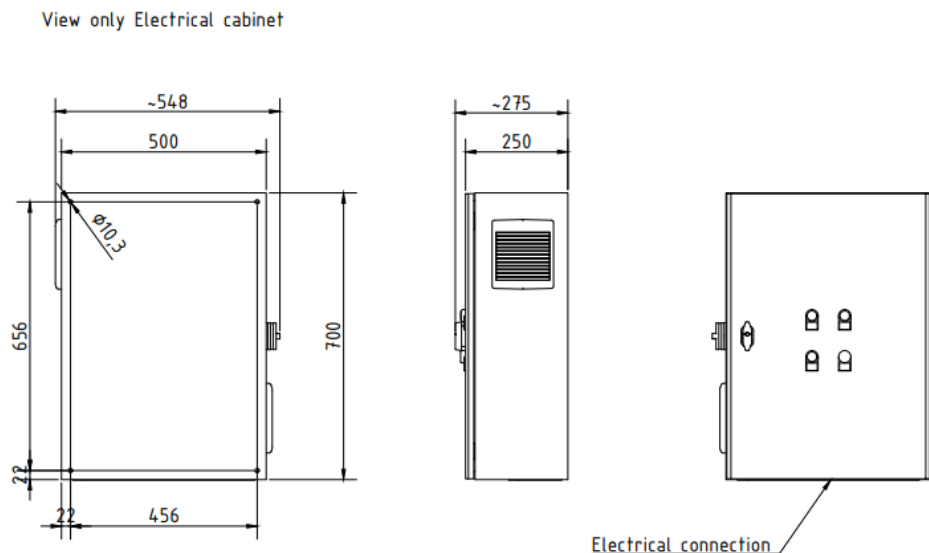


Рисунок 3.6 – Пульт керування

Фундамент має досить просту конструкцію: 2 кутники 50x50x6 мм до яких механізованим способом приварюються, згідно з кресленням, кутовими швами катетом 3 мм бракети, а потім у вигляді вузлів, фундамент приварюється до корпусу судна.

Фундаменти виготовляються на спеціальних складальних плитах з використанням засобів «малої механізації», навішаних на поворотні колони та за допомогою консольного крану.

Для зварювання більшості фундаментів використовуються позиціонери або зварювальні столи, які забезпечують фіксацію фундаментів з метою зменшення зварювальних деформацій.

Транспортування дрібних фундаментів на зварювання та правку виконується за допомогою конвеєра. Для правки фундаментів методом нагріву на дільниці повинно бути передбачено окреме робоче місце, оснащене спеціальною правильною плитою.

Механізована дільниця вузлів

Дільниця забезпечує виготовлення вузлів таврового профілю, бракет з поясками, вузлів корпусу. На дільниці виділено два робочих місця: одне для виготовлення вузлів з прямими поясками, довжиною до 1,5м (рис. 3.7); друге для вузлів з криволінійними поясками та привареним набором, довжиною до 3м.

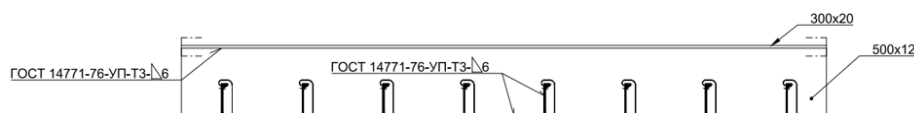


Рисунок 3.7 – Зварна таврова балка набору

Для виготовлення вузлів з прямими поясками на дільниці має бути оснащена спеціальним складальним столом, який обладнано системою фіксаторів та притискним упором. Зібрані елементи балки закріплюються на електроприхватках. Готові вузли подаються далі для механізованого зварювання в захисних газах. Готові вузли відвантажуються в контейнер.

Виготовлення великих вузлів передбачено виконувати на спеціальному складально-зварювальному верстаті, або агрегаті типу МИБ-700. Дільниця може бути оснащена правильною плитою, на якій виконується правка вузлів з застосуванням нагріву. Готові вузли за допомогою транспортного засобу вантажаться у контейнери, які мостовим краном подаються до місць застосування.

Механізована дільниця формування блоків секцій

Виробництво блоків передбачає використання плоских підсекцій з лінії плоских секцій та вигородок та вузлів із спеціалізованої дільниці. Виробництво блоків спеціалізовано по конструктивним ознакам. Для

забезпечення заданого ритму виробництва передбачається створення по чотири складальних та два добудівних місця для виготовлення секцій та кінцевих блоків, та по два складальних та одному добудівному місцю для виготовлення блоків середньої частини та надбудов.

Кожне складальне місце має бути забезпечене власною кран – балкою, для подавання деталей, вузлів та підсекцій на блочне складання. Завантаження великих підсекцій та зняття блоку з кондуктора слід виконувати мостовим краном. Для кантування блоку передбачене застосування спеціального кантувального пристрою.

Виготовлення блоків виконується в спеціальних кондукторах. При складанні слід використовувати систему рухомих упорів, що рухаються по напрямним, які встановлено на лекала кондуктора. В якості притискних механізмів можна застосовувати пневматичні домкрати. Для зварювання використовуються зварювальні стріли.

Описані принципові технологічні процеси виготовлення фундаментів, вузлів набору та блочного складання секцій можуть розглядатися як типові, але вони може бути змінені у залежності від конкретних умов верфі. Вибір оптимальних технологій потребує перевірки та оцінки за результатами його інтерактивного моделювання цифрового двійника складально-зварювального цеху.

Висновки

1. Вибрані способи та режими зварювання для основних зварних з'єднань палубної секції на МПЛ: зварювання стикових з'єднань типу С18 (ГОСТ 8713) настилу виконується автоматичним способом під флюсом за два проходи на формуючій підкладці на режимі: $d_{\text{ел}} = 4$ мм; $I_{\text{зв}} = 400 - 500$ А; $U_{\text{д}} = 28 - 33$ В; $v_{\text{зв}} = 27 - 39$ м/год. Зварювання балок НГН з настилом палуби (тип з'єднання Т3) також виконується автоматичним способом під флюсом на режимі: $d_{\text{ел}} = 4$ мм; $I_{\text{зв}} = 630 - 670$ А; $U_{\text{д}} = 28 - 30$ В; $v_{\text{зв}} = 35 - 37$ м/год. Зварювання балок НПН з настилом палуби та з балками НГН (тип з'єднання

ТЗ) виконується механізованим способом в захисному газі на режимі (у залежності від положення): $d_{\text{ел}} = 1,4$ мм; $I_{\text{зв}} = 140 - 300$ А; $U_{\text{д}} = 19 - 29$ В.

2. Розроблений технологічний процес складання і зварювання секції на МПЛ і складені 3 варіанти лінії. Для кожного варіанту визначені показники організаційно-технологічного проектування, виконано їх порівняння і встановлено, що оптимальним є варіант, що характеризується такими показниками: технічна продуктивність $Q_{\text{тех}} = 0,25$ шт./год.; середній коефіцієнт завантаження обладнання $K_{\text{з.сер.}} = 0,65$; приведена трудомісткість технологічного процесу $T_{\text{пр}} = 31,3$ люд.-год; число позицій лінії $n = 6$; кількість робочих основних професій $a = 11$.

3. Розроблена циклограма роботи МПЛ і показано, що тривалість технологічного процесу, за рахунок впровадження потокової форми організації виробництва, може бути скорочена на 46,3 % у порівнянні з базовим технологічним процесом.

4. Наведено короткий опис технологічних процесів на інших дільницях складально-зварювального цеху.

					КР.131.6121м.06.04.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата								
Студент		Захлупа В.В.			Розробка та дослідження інтерактивної моделі складально- зварювального цеху				Літ.		Аркуш	Аркушів
Керівник		Драган С.В.									77	108
Консультант									НУК			
В.О.зав. кабелами		Драган С.В.										

4. Розробка та дослідження інтерактивної моделі складально-зварювального цеху

4.1 Передумови та загальна методика розробки інтерактивної моделі

Розвиток промисловості – це невід'ємний процес розвитку людського суспільства. З появою нових технологій у будівництві, виробництві, металургії та інших сферах діяльності з кожним днем з'являється все більша необхідність якісного випуску готових виробів, для чого потрібне ґрунтовне планування технологічних процесів з випуску цих виробів, грамотний підбір необхідного обладнання та раціональне компонування виробничих площ [5].

Проектування цехів та заводів традиційними методами тривалий та, як правило, дорогий процес. Разом з тим, проектування будівлі цеху зазвичай не представляє особливих труднощів з точки зору архітектури – тому що проектний інститут чи організація при проектуванні орієнтується насамперед на два основних чинники – по-перше на зниження собівартості будівництва, що при проектуванні цехів має на увазі стандартну архітектуру промислового підприємства – прямокутну «коробку» з мінімумом архітектурних прийомів, а по-друге технологію виробництва даного конкретного цеху і зручність його експлуатації, ремонту та будівництва [6].

Проектування цехів суднобудівних підприємств на 100% вирішує вищезазначені завдання, поєднуючи у собі повний комплекс технологічних рішень, починаючи з випуску готових виробів - суден, закінчуючи будівництвом виробничих майданчиків розміщення виробництва майбутнього цеху.

В останні роки все більшу популярність набирає BIM-проективання цехів. Дана технологія проектування дозволяє створити суміщену 3D-модель цеху для всіх конструктивних елементів та інженерних систем, що дозволяє уникнути ситуацій перетину інженерних систем між собою та з будівельними конструкціями, підготувати детальні специфікації, врахувати взаємне розташування комунікацій та оптимізувати простір цеху, таким чином, економлячи площі та дозволяючи скоротити бюджет на будівництво

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		78

та експлуатацію цеху, не завдаючи шкоди якості продукції та комфорту роботи.

Проектування складально-зварювальних цехів – один із найпопулярніших розділів проектування суднобудівної верфі, адже на сьогоднішній день відродження суднобудування є однією з актуальних задач економіки України, на її розвиток мають бути спрямовані величезні ресурси, її потенціал невичерпний і існування цієї галузі ніколи не припиниться в сучасному світі.

Як відомо, корпусні цехи на сучасних верфях об'єднують у блоки, які забезпечують послідовне перетворення матеріалів та заготовок зварних конструкцій шляхом використання різних технологічних процесів у закінчену продукцію - секції або блоки для подальшого формування корпусу судна на стапелі [10].

Залежно від найменування виробничого процесу, що здійснюється на даному майданчику визначається вид обладнання та спосіб його розміщення, параметри проєктованої території – розмір, матеріали, потреби в інженерних системах та інші не менш важливі параметри проєктованого цеху. Сьогодні складально-зварювальні цехи суднобудівних верфей України поряд з випуском суднокорпусних конструкцій виготовляють і інші типи зварних металоконструкцій, наприклад мостові балки, об'ємні секції мостових переходів тощо.

Для створення найбільш продуктивного проєкту цеху потрібна попередня розробка технологічного плану, який дозволяє оптимально використовувати виробничі площі та технологічне обладнання цеху [11].

При цьому для скорочення термінів визначення оптимального варіанту розміщення виробництва в цеху раціональним є підхід до процесу проектування за допомогою комп'ютерного моделювання, зокрема оперативної оцінки варіантів з використанням інтерактивної моделі цеху.

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Вихідною інформацією для розробки інтерактивної моделі є обсяг товарної продукції цеху, зміст та трудомісткість операцій технологічного процесу, його тривалість, технологічна та організаційна схеми цеху.

Цифрова модель цеху дозволить прорахувати та оптимізувати кількість виробничих місць, технологічний план цеху та визначити загальну виробничу площу для розміщення основного виробництва і службових приміщень для адміністративно-технічного персоналу та побутових приміщень цеху.

Створення інтерактивної моделі складально-зварювального цеху можна поділити на кілька основних етапів:

1. Підготовчі роботи – розробка концепції об'єкта та узгодження її із замовником, визначення ключових характеристик майбутнього проекту (конструктивні рішення, площа, планування, технологічна оснащеність, ступінь автоматизації та механізації технологічних процесів тощо). Результатом даного етапу проектування є розрахові витрати на будівництво або реконструкцію цеху.

2. Передпроектні дослідження – визначення геологічних, геодезичних, екологічних та інших характеристик об'єкта проектування.

3. Безпосередньо проектування цеху, яке умовно можна розділити на 2 великі розділи: 1) розробка технологічної частини проекту, 2) розробка будівельної частини. Розробка технологічної частини, передбачає розрахунок та обґрунтування виробничих потужностей цеху, його характеристики залежно від продукції, що випускається. Розробка будівельної частини – обґрунтування всіх проектних рішень, пов'язаних із будівництвом проєктованих виробничих площ цеху (архітектурно-будівельні та конструктивні рішення, інженерні мережі тощо).

У даній роботі з метою розробки цифрового двійника складально – зварювального цеху обмежимося переліком робіт на стадії реалізації технологічної частини проекту.

Технологічна частина проекту включає наступні стадії проектування:

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- розробка технічного завдання на проєктування цеху, виходячи з виробничої програми, креслень та описів металоконструкцій, технічних умов виготовлення виробів;

- розробка технологічних процесів, що здійснюються у проєктованому цеху залежно від типу виробництва та форми організації;

- визначення кількості обладнання та коефіцієнту їх завантаження;

- визначення потреби цеху в енергоносіях (електроенергії, газі, парі, воді, стиснутому повітрі);

- визначення необхідного робочого складу цеху та його чисельності;

- компонування плану розташування обладнання та розрахунок виробничої площі;

- визначення кількості обладнання та площ допоміжних приміщень цеху.

4.2. Створення цифрового двійника складально – зварювального цеху

Для створення цифрового двійника цеху покажемо на прикладі процес розробки технологічного плану одного прольоту цеху для складання і зварювання палубної секції-представника згідно з результатами розробки механізованої потокової лінії (див. розд. 3.1).

Для складання компонувальної схеми дільниці скористаємось даними, отриманими у попередніх розділах даної роботи.

Секція виготовляється на МПЛ, що складається із 6 технологічних позицій, річна програма випуску 837 шт., відповідна маса металоконструкцій $P = 2,5 \cdot 837 = 2092,5$ т.

Необхідна загальна площа відповідно до формули (1.2) становитиме:

$$S_{\text{в}} = \frac{2095,5}{2,0} = 1046,25 \text{ м}^2$$

Для IV класу верфі згідно з табл. 1.3. ширина прольоту в осях колон цеху $B = 30$ м, крок установлення колон $l = 12; 18$ м. Вибираємо $l = 12$ м.

Для розміщення МПЛ приймаємо однорядне розташування робочих місць (позицій) МПЛ з поздовжнім напрямком вантажного потоку (рис. 4.1).

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		81

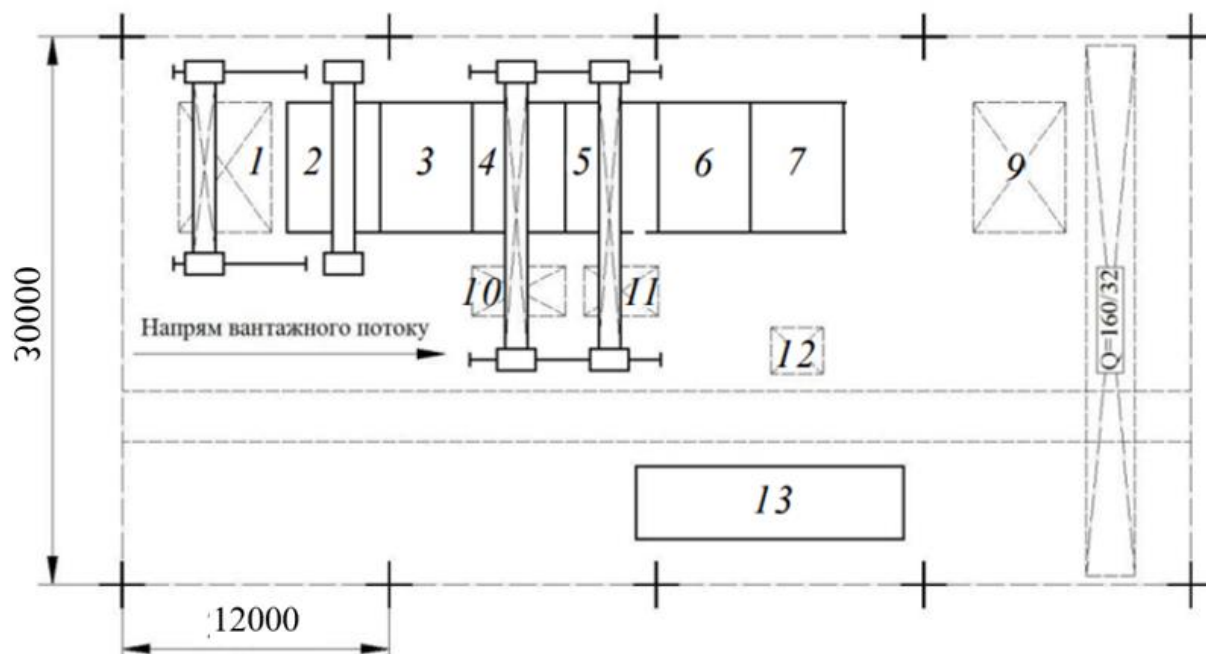


Рисунок 4.1. – Компонувальна схема МПЛ палубних секцій:

1- місце складування листів настилу; 2-7 – робочі місця МПЛ; 9 – місце складування готових секцій; 10 – місце складування БГН; 11 – місце складування БПН; 12 – місце складування дрібних деталей насичення (книць, тощо); 13 – робоче місце виготовлення балок ПН (агрегат МИБ-700)

Така схема потокової лінії спрощує її транспортну систему і дозволяє розмістити на решті площі прольоту інше виробництво, наприклад виготовлення зварних вузлів набору, судових фундаментів тощо. Найбільшу ширину проектного виробництва, з урахуванням максимально допустимого розміру секцій для даного класу підприємства, у першому наближенні прийемо 15 м.

Тоді довжина виробництва буде дорівнювати:

$$L = \frac{1046,5}{15} = 69,7 \text{ м.}$$

Визначаємо розміри робочих місць (складально зварювальних стендів), складів деталей, вузлів і готових секцій

Розміри стендів у плані визначаємо виходячи із габаритних розмірів секції з додаванням рекомендованих припусків по ширині й довжині [1?]. Приймаємо ширину стендів $a = 6,6$ м, довжину $l_1 = 4,8$ м. Висоту стендів приймаємо конструктивно $h = 1,0$ м.

Листи настилу палуби та набір секції – балки головного напрямку (НГН) та перехресний набір (ПН) зберігаються на видаткових майданчиках стопками (листи) або у контейнерах (балки). Нормативний термін зберігання заготовок - 3 календарних дні. Режим роботи МПЛ – двозмінний (8 год × 2 = 16 год.), ритм роботи МПЛ $t = 4,9$ год. Допустиме навантаження на 1 м² площі складів – 0,75 т/м².

Склад листів. Площа одного листа найбільших габаритів $4,5 \times 2,0 = 9,0$ м², маса листа 0,4 т. Розрахунковий запас листів:

$$\frac{16}{4,9} \cdot 3 \text{ дні} \cdot 5 \text{ листа/секц} = 48,9 \text{ листа}$$

Приймаємо 50 листів.

Допустиме число листів у стопці:

$$\frac{9,0 \cdot 0,75}{0,4} = 17$$

Приймаємо 4 стопки по 13 листів. Прохід між стопками 1 м.

Склади набору секції.

Балки НГН зберігаються на видатковому майданчику у контейнері.

Розміри контейнера $5,0 \times 2,5 \times 1$ м, маса – 0,1 т. Маса 1 пог. м балки (кутник $80 \times 80 \times 7$) – 8,51 кг, довжина балки – 6,8 м.

Розрахунковий запас балок

$$\frac{16}{4,9} \cdot 3 \text{ дні} \cdot 8 \text{ балок/секц} = 78,4 \text{ балок}$$

Приймаємо 80 балок.

Маса контейнера з балками (приблизно) – $0,009 \cdot 6,8 \cdot 80 + 0,1 = 5,0$ т.

Навантаження на 1 м² площі

$$\frac{5,0}{12,5} = 0,4 \frac{\text{т}}{\text{м}^2}, \text{ що менше допустимого}$$

Балки ПН зберігаються також у контейнері. Розміри контейнера $6 \times 2,5 \times 1$ м, маса – 0,3 т. Маса 1 балки (зварний тавр) – 0,2 т, довжина балки – 4,5 м.

Розрахунковий запас балок

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		83

$$\frac{16}{4,9} \cdot 3 \text{ дні} \cdot 3 \text{ балок/секц} = 29,4 \text{ балок}$$

Приймаємо 30 балок.

Маса контейнера з балками (орієнтовно) – $0,2 \cdot 20 + 0,25 = 4,25 \text{ т}$.

Навантаження на 1 м^2 площі

$$\frac{4,25}{15} = 0,28 \frac{\text{т}}{\text{м}^2}, \text{ що менше допустимого}$$

Склад готових секцій. Секції зберігаються, у випадку можливого тривалого затримання у цеху, на резервному майданчику, поза потоковою лінією. Розміри секції $L \times B \times H = 6,65 \times 4,5 \times 0,15 \text{ м}$. Маса секції – 2,5 т. Нормативний термін зберігання ($0,6t = 6 \text{ год}$). Одночасно на складі може знаходитись 2 секції.

Навантаження на 1 м^2 площі складу

$$\frac{2,5 \cdot 2}{6,65 \cdot 4,5} = 0,18 \frac{\text{т}}{\text{м}^2}, \text{ що менше допустимого.}$$

Визначені розміри позицій МПЛ, складів та регламентованих проходів служать основою для розрахунку габаритних розмірів ділянки та узгодження їх з нормами технологічного проектування ширини та висоти прольоту цеху.

Згідно з прийнятою компонованою схемою виробництва (див. рис. 4.1), з урахуванням визначених розмірів робочих місць (позицій лінії), місць складування деталей і вузлів секції, та вимог техніки безпеки ширину, довжину та висоту прольоту цеху для двохрядного розміщення виробництва (рис. 4.2) розрахуємо наступним чином.

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		84

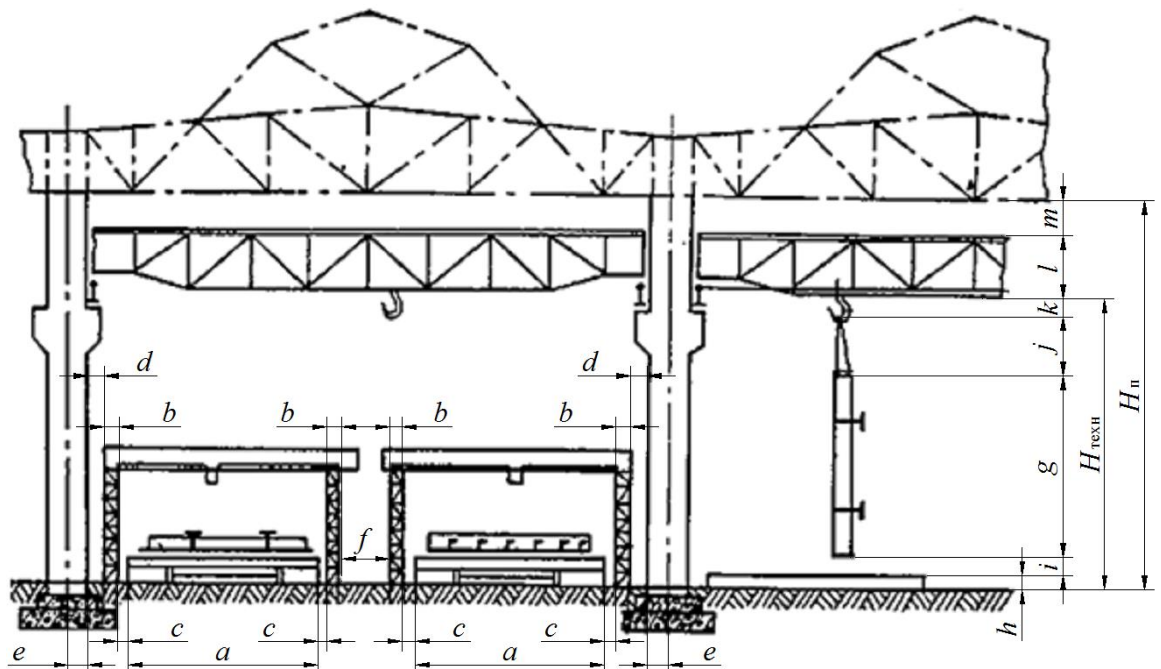


Рисунок 4.2. До розрахунку ширини і висоти прольотів складально-зварювального цеху при виготовленні секцій на поточкових лініях [1]

Ширина прольоту. Для розрахунку ширини прольоту попередньо розрахуємо ширину МПЛ з урахуванням ширини контейнера $b_{НГН}$ для балок НГН

$$B_{МПЛ} = a + 2b + 2c + d + e + b_{НГН} \quad (4.1)$$

$$B_{МПЛ} = 4,5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0,8 + 1 + 1 + 6,65 = 16,65 \text{ м.}$$

Знайдена ширина МПЛ дозволяє розмістити у прольоті паралельно основній лінії агрегат МИБ-700 (габарити $L \times B = 25 \times 6$ м) для виготовлення балок НГН.

Тоді, технологічна ширина прольоту може бути розрахована як

$$B_{техн} = B_{МПЛ} + B_{МИБ} + f; \quad (4.2)$$

$$B_{техн} = 16,65 + 6 + 3 = 28,65 \text{ м.}$$

Згідно з нормами технологічного проектування знайдена ширина прольоту не перевищує прийнятої попередньо для IV класу суднобудівного підприємства. Приймаємо ширину прольоту цеху $B_{техн} = 30$ м.

Довжина виробництва. Технологічну довжину виробництва розрахуємо як суму довжини l_1 позицій МПЛ, складів листових деталей $l_{л}$, готових секцій l_c і величини регламентованих проходів $l_{п}$

$$L_{техн} = 6l_1 + l_{л} + l_c + 7l_{п}; \quad (4.3)$$

$$L_{\text{техн}} = +4,8 \cdot 6 + 4,5 + 6,65 \cdot +7 \cdot 1 = 46,95 \text{ м.}$$

З урахуванням розміщення у прольоті агрегату МИБ-700 довжиною $l = 25$ м додатково довжину виробництва подовжуємо на 25 м. Тоді $L_{\text{техн}} = 46,95 + 30 = 71,95$ м, що є близькою до попередньо визначеною орієнтовно.

Приймаємо довжину лінії кратну кроку колон $L = 12 \cdot 6 = 72$ м.

Висота прольоту. Висоту цеху розрахуємо за двома параметрами: 1) $H_{\text{техн}}$ - від підлоги до відмітки головки підкранової рейки; 2) $H_{\text{п}}$ - до низу несучих конструкцій перекриття (див. рис. 4.2).

$$H_{\text{техн}} = g + h + i + j + k; \quad (4.4)$$

$$H_{\text{техн}} = 4,6 + 1,0 + 0,2 + 4,0 + 1,0 = 10,8 \text{ м;}$$

$$H_{\text{п}} = H_{\text{техн}} + l + m; \quad (4.5)$$

$$H_{\text{п}} = 10,8 + 4,6 + 0,3 = 15,7 \text{ м.}$$

За нормами технологічного проектування цехів для верфей IV класу: приймаємо $H_{\text{техн}} = 12,65$ м; $H_{\text{п}} = 16,2$ м.

На підставі розрахованих вище розмірів складаємо технологічний план прольоту (рис. 4.3) та переріз цеху (рис. 4.4).

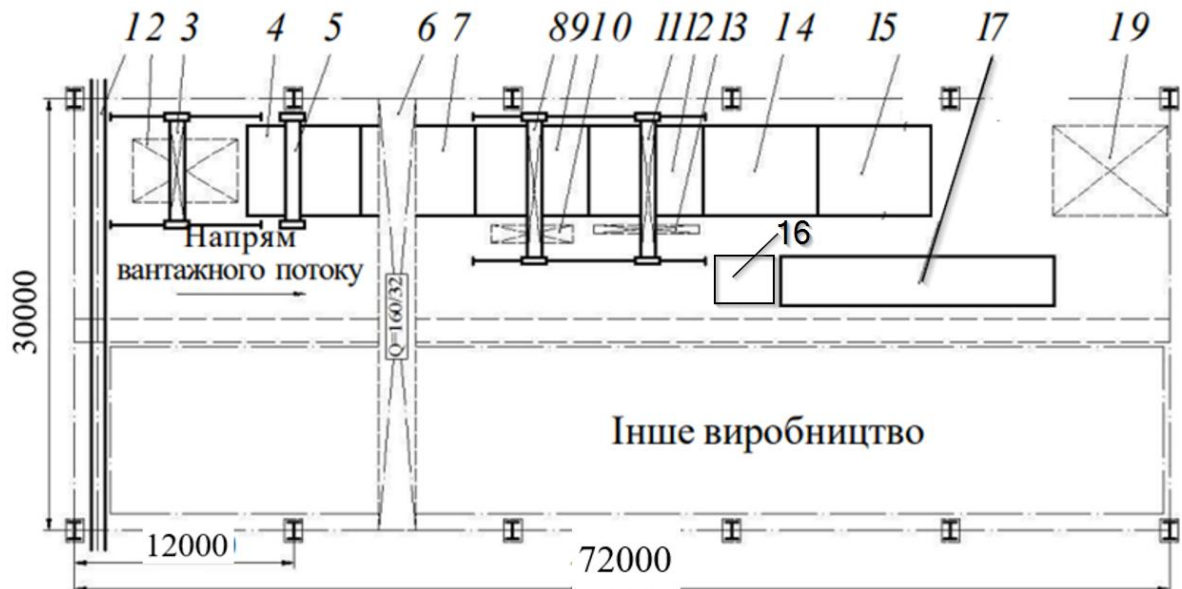


Рисунок 4.3 – Технологічний план прольоту цеху для розміщення виробництва; 1 – рейковий шлях; 2 – місце складування (видатковий майданчик) листів настилу; 3 – листоукладальник; 4 – стенд зварювання полотнищ; 5 – зварювальний портал; 6 – мостовий кран вантажопідйомністю $Q = 160/32$ т; 7, 14, 15 – стени складально-

зварювальні; 8, 11 – складально-зварювальні агрегати; 9 – стенд установки і приварювання балок НГН; 10 – місце складування (контейнер) балок НГН; 12 – стенд установки і приварювання балок НПН; 13 – місце складування (контейнер) балок НПН; 16 – місце складування (контейнер) книць; 17 – агрегат МИБ-700; 19 – місце складування готових секцій.

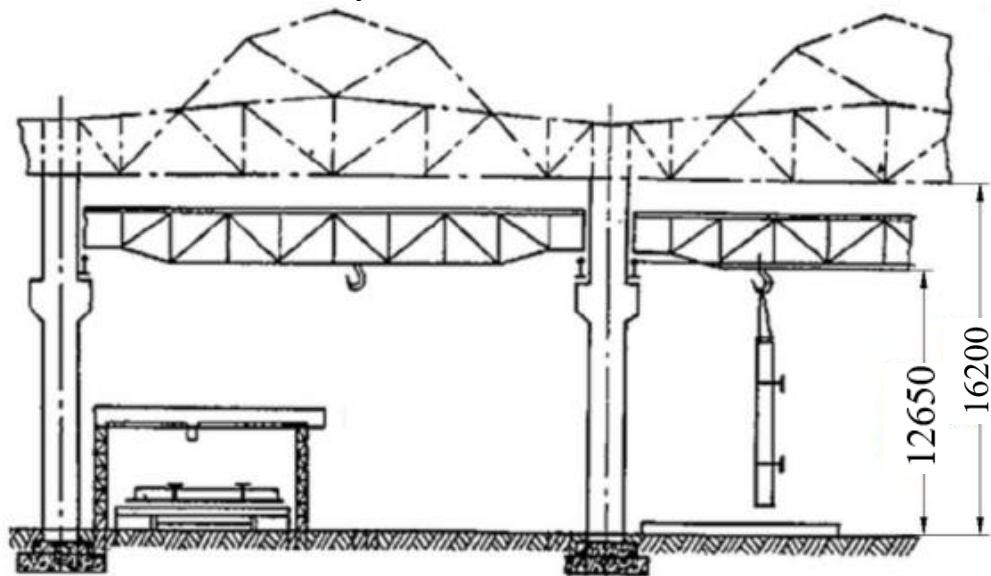


Рисунок 4.4 – Переріз прольоту цеху

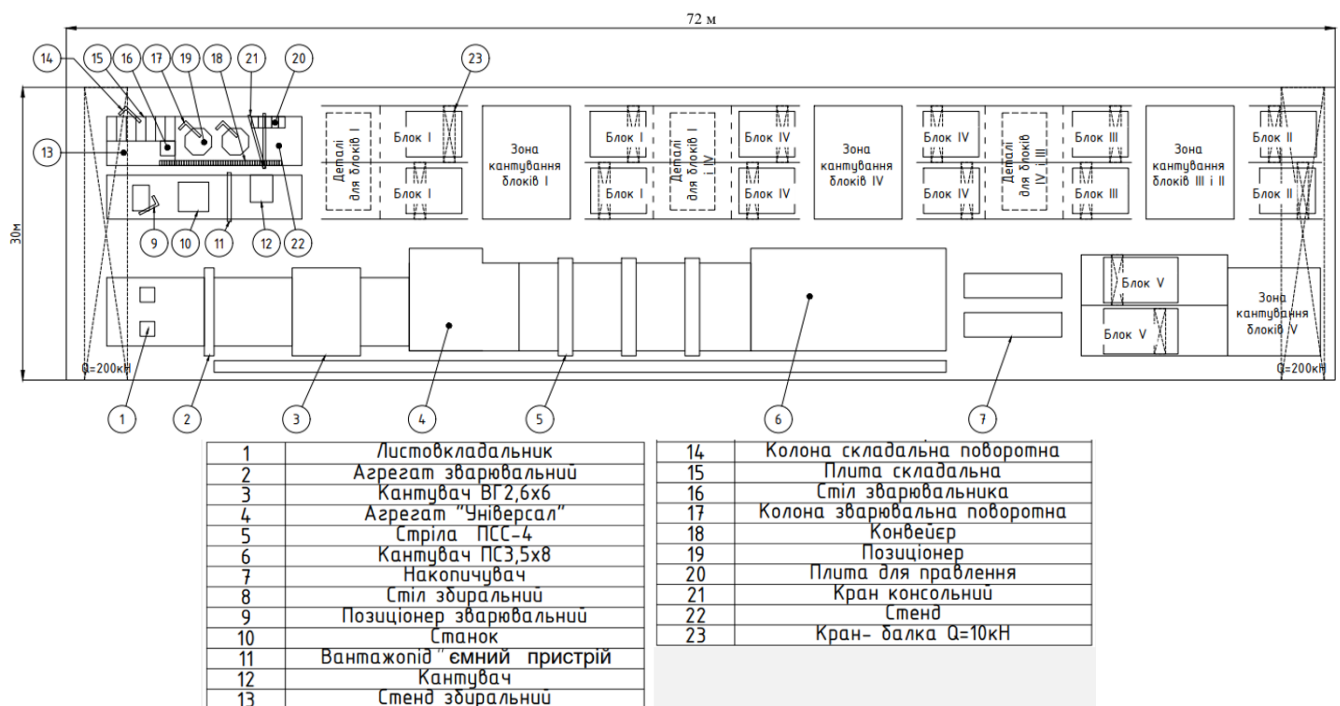


Рисунок 4.5 – Технологічна схема складально – зварювального виробництва на верфі IV класу

Розраховані таким чином геометричні параметри прольоту можуть бути використані при наступному створенні та дослідженні цифрового двійника складально-зварювального цеху.

При цьому для наочності та аналізу конструкторських рішень можна створювати 3D-моделі будівлі цеху (рис. 4.6) з зображенням зовнішніх та внутрішніх стін, воріт, технологічного та підйомно-транспортного обладнання, виробничого інвентарю, обладнання та майданчиків накопичення виробів або матеріалів тощо.

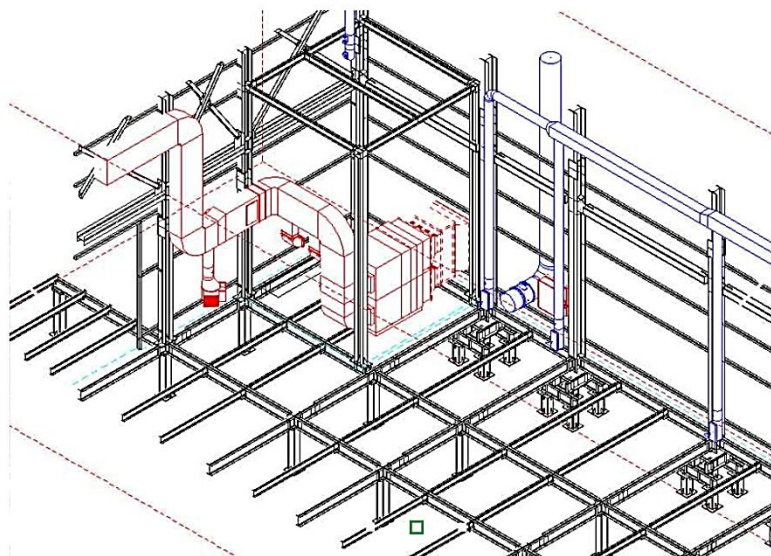


Рисунок 4.6 – Фрагмент 3D-моделі цеху з інженерними системами

4.3. Розробка функціональної моделі

У функціональній моделі складально-зварювального цеху або комплексу цехів корпусних видів виробництва розрахункова трудомісткість виконання кожної з технологічних операцій автоматично розподіляється між ділянками та робочим місцями пропорційно виходячи з їх продуктивності або визначається згідно з мережевим графіком.

Визначені елементи зварювального або іншого виробництва використовуються як вихідні дані для визначення габаритів майбутнього приміщення цеху, що проектується, і відповідно є основою для створення цифрового двійника. Зокрема, на основі даних про загальну площу цеху, що проектується, задаються його габаритні розміри.

Якщо розробляється інтерактивна модель виробництва з метою його модернізації або реконструкції, то в основу функціональної моделі покладається схема реального виробництва, наприклад зображена на рис. 4.7 стосовно умов суднобудівного заводу “Океан”. За потреби технологічне обладнання цеху зображується на плані у прийнятому масштабі умовним спрощеним контуром з урахуванням крайнього положення рухомих частин, вказується номер обладнання за специфікацією до креслення.

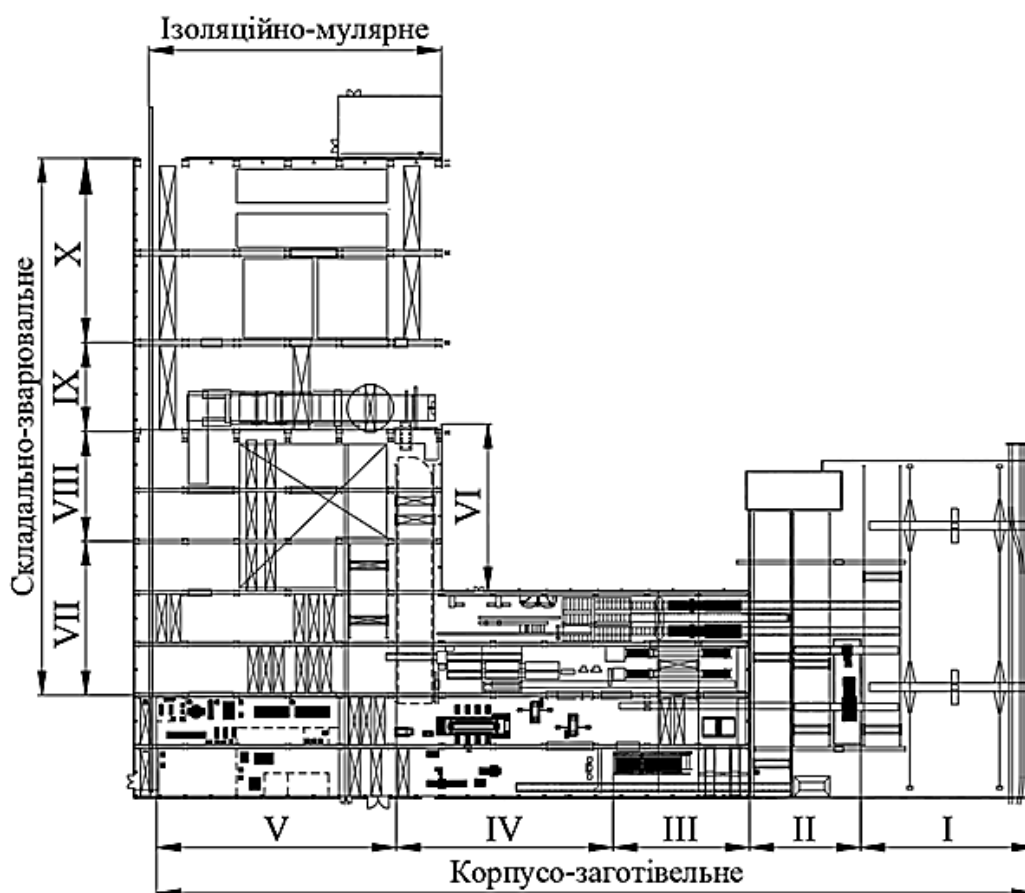


Рисунок 4.7 – Схематичне зображення реального комплексу корпусних виробництв суднобудівної верфі

Розташування верстатів, установок та іншого технологічного обладнання цеху, що монтується на фундаменти, прив'язується до колон і стін будівлі. Обов'язково позначаються прив'язки обладнання до основних стін, колон цеху[4].

Компонування технологічного обладнання повинно бути здійснене так, щоб забезпечувати зручність та безпеку роботи, подачу виробів, інструменту, прибирання відходів та приміщення, доступу до обладнання для його обслуговування, ремонту, монтажу та демонтажу. Відстань між обладнанням та частинами будівель (стінами, колонами), розміри проходів та проїздів мають бути запроєктовані з урахуванням чинних норм та правил. Основний принцип розташування устаткування під час проєктування цехів - забезпечення найкоротшого шляху руху заготовок (деталей) у процесі їх обробки. Для цього необхідно розташовувати обладнання за порядком виконання операцій технологічного процесу, мінімізувати відстань між обладнанням. Також слід враховувати можливість монтажу та демонтажу будь-якого верстата без перестановки іншого обладнання.

Необхідна довідкова інформація про обладнання (найменування, модель, кількість, коротка технічна характеристика, у тому числі потужність і т. ін.), потрібні цехові енергоресурси тощо вводиться у вирішувач на базі табличного процесора, розрахункове поле якого скомпоноване геометрично подібно до технологічних потоків реального виробництва (рис.4.8).

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		90

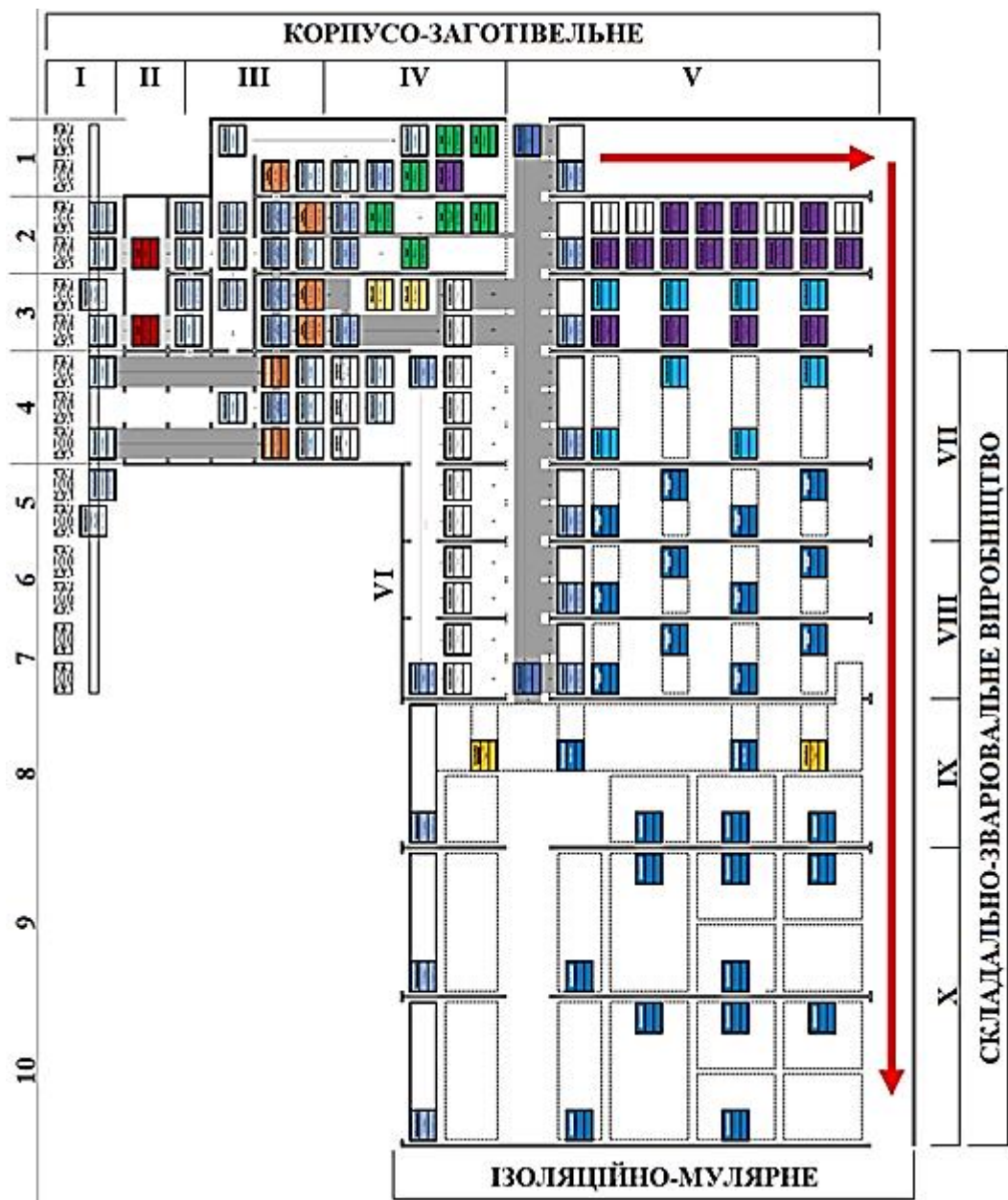


Рисунок 4.8 - Блок-схема виробництва у табличному процесорі (стрілками позначено напрямки виробничого потоку)

Моделювання процесів транспортування деталей, вузлів, готових секцій здійснюється з використанням цифрових моделей кранового обладнання, транспортерів, рольгангів і т. ін. Якщо готові конструкції після виготовлення не підлягають подальшому насиченню або укрупненню, то в моделі передбачається операція їх відвантаження замовнику.

Час транспортування між ділянками визначається з використанням компоувальної схеми комплексу (див. рис.4.2) шляхом додавання до розрахованого часу операцій завантаження та вивантаження деталей, вузлів та готових секцій (стропування, підйому та опускання вантажу

цеховим мостовим краном) часу перевезення (переміщення деталей за допомогою рольгангу, вузлів та секцій краном або іншим транспортним засобом, розрахованих у залежності від довжини шляху транспортування. Результатом розробки функціональної моделі виробництва є детальна розрахункова 3D-модель виробничих потужностей (основних фондів, обладнання, персоналу, та ін.), яка служить основою системи підтримки прийняття рішень менеджментом підприємства.

На рис. 4.9 наведена розроблена 3D-модель ділянки виготовлення площинних секцій, яка наочно демонструє зміст технологічних процесів та розташування робочих місць і дозволяє підвищити ефективність аналізу та планування виробничих ситуацій.

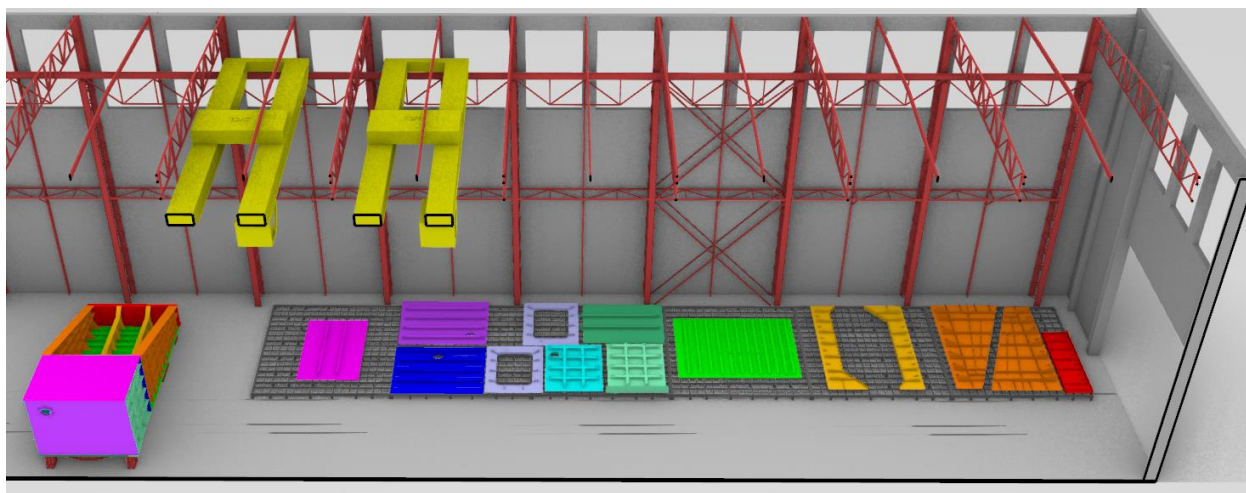


Рисунок 4.9 - Детальна геометрично-подібна 3D-модель організації виробництва площинних секцій

Подібні функціональні моделі можуть бути розроблені для кожного спеціалізованого прольоту та всього складало-зварювального цеху або блоку цехів.

У перспективі функціональні моделі цехів також можуть бути використані як частини майбутньої інтерактивної загальної інформаційної моделі, яка базується на ідентичних за формою, структурою та кінематикою, 3D-моделей окремих виробничих потужностей всієї суднобудівної верфі [5].

4.4 Розробка та дослідження інтерактивної моделі

Головна перевага 3D-моделювання при розробці організаційно-технологічного проєкту - наочність, яку несе в собі модель. При перегляді

моделі можна встановити будь-яку точку огляду, прибрати будь-яку конструкцію або навпаки збільшити потрібну ділянку, отримати переріз. Не виходячи на об'єкт, можна дізнатися про його габарити. Також можна отримати будь-яку інформацію про об'єкт, не вдаючись до тривалого пошуку по архівах і кресленнях.

Як приклад роботи з інтерактивною моделлю складально - зварювального цеху, розглянемо реалізацію технологічного процесу виготовлення двотаврових балок (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Інтерактивна модель цеху

Незважаючи на те, що дана металоконструкція не є характерною для суднобудівного підприємства, але у теперішніх умовах подібні балки виготовляються для ремонту та будівництва мостових переходів через ріки України. Після модернізації моделі її можна перепрофілювати для використання при розробці технологічних процесів складання і зварювання корпусних конструкцій суден на суднобудівних підприємствах IV класу[6].

На приведеній на рис. 4.10 детальній 3D-моделі цеху, подетально відображені всі компоненти цеху: колони, кранове обладнання,

розташування технологічного обладнання та всіх приміщень різного призначення.

Використовуючи модель цеху можна не тільки детально ознайомитись з обладнанням цеху, а й змінювати його розташування, визначити його габаритні розміри, масу та інші параметри. Так, на рис. 4.11 показано процес автоматичного зварювання листових деталей на стаціонарному стенді, а на рис. 4.12 – поперечний розріз стенду.

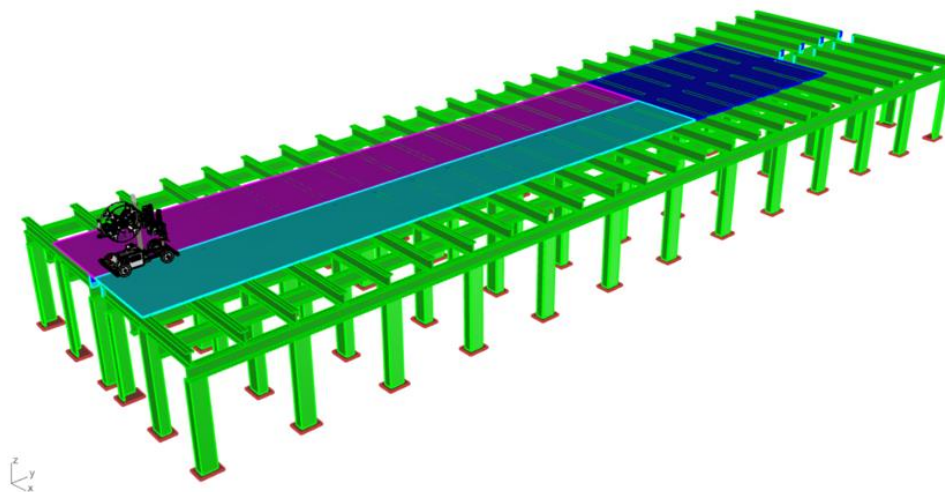


Рисунок 4.11 – 3D-модель технологічного процесу автоматичного зварювання стінки двотавра на складально-зварювальному стенді

Наведена модель надає можливість проводити з її використанням різні види робіт: отримувати необхідні розрізи та види, робити перерізи, знімати та змінювати розміри вузлів, деталей, робити надписи і т. ін.

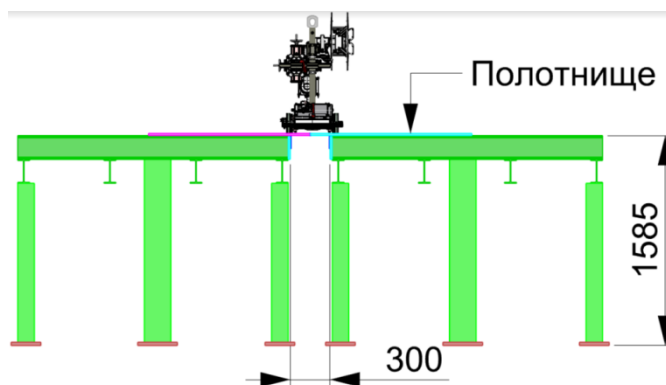


Рисунок 4.12 – Переріз, зроблений з 3D-моделі

Згідно з технологічним процесом виготовлення балки передбачені операції складання балки та автоматичного зварювання поясних швів , які також можна продемонструвати з використанням розробленої 3D-моделі.

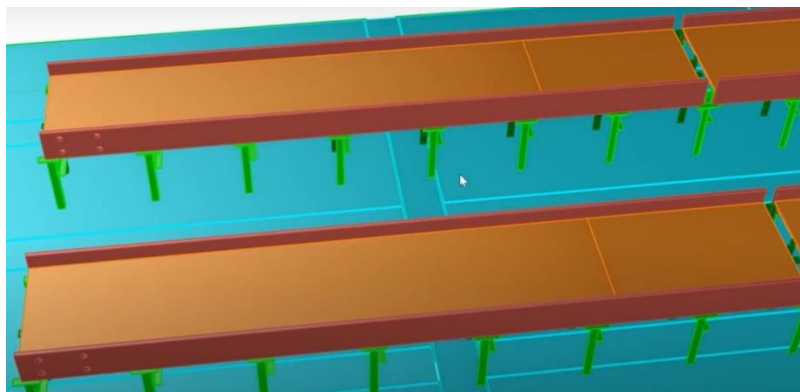


Рисунок 4.13 – Складання двотаврової балки в кондукторі

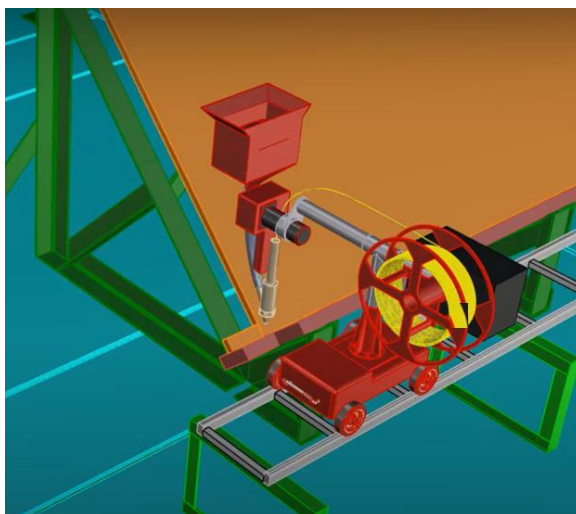


Рисунок 4.14 – Зварювання поясного шва двотаврової балки автоматом тракторного типу

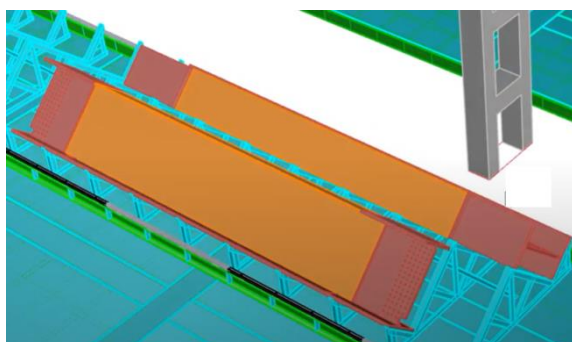


Рисунок 4.15 – Встановлення двотаврових балок під автоматичне зварювання на спеціалізованій установці

За допомогою розробленої моделі можна також виконувати детальні креслення в будь-якій CAD-системі, наприклад робочі креслення двоголовочної зварювальної установки для виконання швів способом “у човник”(рис.4.16).

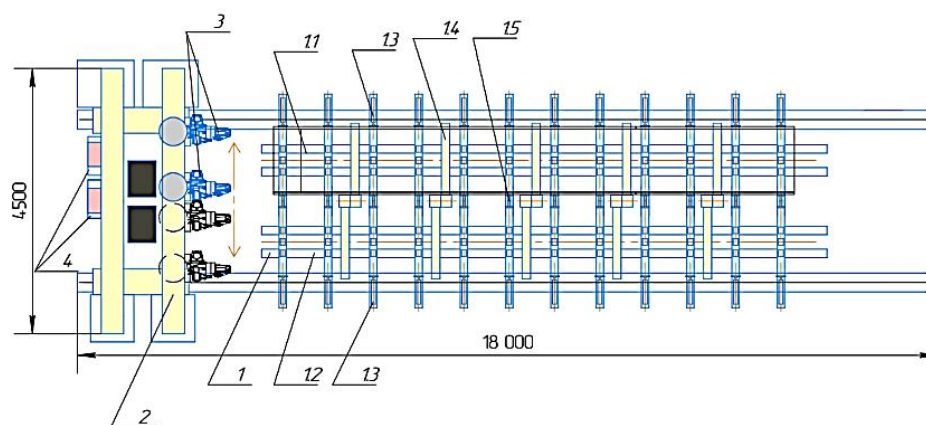


Рисунок 4.16 – Установка для автоматичного складання та зварювання двотаврових балок:

1 – складальний стенд; 2 – самохідний портал; 3 – автоматична головка для зварювання під флюсом; 4 - комплект зварювального обладнання для механізованого зварювання; 11,12 – напрямні; 13 – упори; 14 важелі кантувача; 15 – балка (стрілками показаний напрям кантування балки)

Також інтерактивна модель дозволяє наочно моделювати транспортні операції з використанням інших цифрових моделей обладнання, яке не має безпосереднього зв'язку зі зварювальним виробництвом. Прикладом може бути моделювання процесу транспортування готових балок із цеху (рис. 4.17).

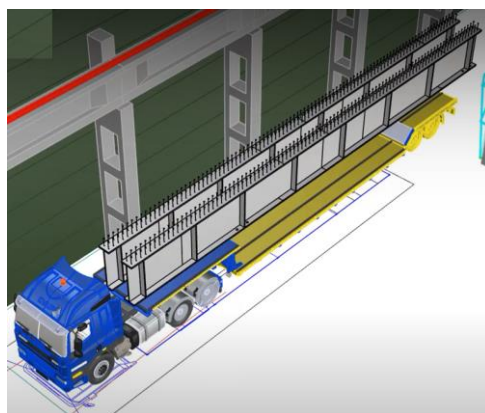


Рисунок 4.17 – Транспортування готових виробів

Висновки

1. Виконане просторове розміщення виробництва площинних секцій (палуби) на МПЛ у прольоті складально-зварювального цеху верфі. Технологічні розміри виробництва узгоджені з нормами технологічного проектування цехів.
2. Розроблена функціональна модель блоку корпусних цехів, у яку входить складально-зварювальний цех, може бути покладена в основу створення цифрового двійника БКЦ.
3. Проілюстровані (у вигляді фрагментів) можливості використання інтерактивної моделі, які дозволяють виконати організаційно-технологічне проектування складально-зварювального цеху суднобудівної верфі IV класу.
4. Використання розробленої інтерактивної моделі цеху дозволяє не тільки підвищити ефективність аналізу та планування виробничих ситуацій, а й виконувати інші задачі:
 - отримувати доступ до інформації, яка наведена в моделі, не виходячи на реальне виробництво;
 - моделювати різні виробничі процеси;
 - прокладати інженерні комунікації по цеху;
 - отримувати робочі креслення обладнання та знаходити оптимальну схему його розташування.
 - планувати ремонт обладнання та модернізацію виробництва тощо.

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		97

					КР.131.6121м.06.05							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Техніко – економічні показники цеху				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Студент		Захлипа В.В.										
Керівник		Драган С.В.									98	108
Консультант									НУК			
В.О.зав. кафедри		Драган С.В.										

5 Техніко – економічні показники цеху

Досвід впровадження комплексно – механізованих та механізованих ліній та дільниць виготовлення основних вузлів та секцій корпусу показав ефективність їхнього застосування в збирально – зварювальному виробництві при умові серійного виготовлення обладнання на спеціалізованому виробництві.

Одночасно розрахунки показали, що економічна ефективність досягається тільки при завантаженні комплексно – механізованих ліній не менше чим на 80% від проектної.

Оцінюючи ефективність впровадження ліній та механізованих дільниць, варто також враховувати ефективність росту продуктивності праці в 1,5 – 2,5 рази, покращення умов праці, підвищення якості за рахунок можливостей більш точного дотримання вимог технологічного процесу, які забезпечуються технічними можливостями обладнання.

Комплексна механізація виробництва сприяє вирішенню ряду важливих соціальних задач, в тому числі підвищенню привабливості праці судноскладальників та електрозварювальників.

Із оцінки впливу окремих факторів на результати ефективності впровадження одного і того ж обладнання дає різні результати. Особливого впливу на це чинить початкова трудомісткість (різна у кожного підприємства), відсоток накладних витрат, середній зарібок, вартість основних фондів, особливості конструкцій вузлів та секцій (складність обводів, матеріал, товщини, характеристики міцності), діюча організація та підготовка виробництва, якість комплектації, стан оснастки, рівень запровадження прогресивних технологічних процесів до початку впровадження проекту.

В зв'язку з цим, а також враховуючи фактичне відхилення реальних проектів цехів від типових рішень, розрахунок ефективності запровадження типового проекту не виконувався[13].

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		99

В кожному конкретному випадку для оцінки ефективності та рентабельності проектів, варто виконувати розрахунок.

Для розробки проектів механізації збирально – зварювального виробництва на підприємствах IV типової групи, а також для виконання техніко – економічних обґрунтувань проектних напрацювань, які виконуються із застосуванням матеріалів типового оргтехпроекту, необхідно мати наступні вихідні дані:

- Зазначення проектів типового обладнання та підприємства – розробників;
- Вартість виготовлення типового обладнання;
- Техніко – економічні характеристики типового обладнання.

Основні техніко – економічні данні по типовим лініям та механізмам наведені в табл. 5.1

Таблиця 5.1 - Основні техніко – економічні данні обладнання

Назва обладнання	Вартість одиниці, грн.	Основні характеристики обладнання
1. Потокова лінія плоских секцій та вигородок	4000000	Випуск плоских та гофрованих перебірок Ритм випуску, хв: плоских -75., гофрованих – 42. Габаритні розміри секцій,м – 5,5х8,0
а) Листоукладальник	200000	Вантажопідйомність - 10кН
б) Балка зварювальна	300000	Автомат «Галс», швидкість зварювання, м/год – 12-20
в) Портал зварювальний	150000	
г) Кантувач перебірок	150000	Габаритні розміри секцій, м – 2,6х6,0
д) Складально - зварювальний агрегат «Універсал»	2500000	Зусилля обтискання, кН – 35 Катет зварювального шва, мм – 3 – 6 Швидкість зварювання, м/хв – 0,2 – 2,0 Зона обслуговування, м – 4х4 Вантажопідйомність, кН - 30
е) Стріла складально - зварювальна	100000	
ж) Кантувач вигородок	250000	
2. Механізована ділянка фундаментів	900000	Річна продуктивність, т - 1000
а) Плита складальна	50000	Габаритний розмір, м – 0,8х2,0

б) Плита правильна	50000	
в) Колона поворотна складальна	57000	Виліт, м – 5,0
г) Колона поворотна зварювальна	65000	Виліт, м – 4,0
д) Позиціонер	220000	Площа плити, м – 2,0х2,0
е) Зварювальний стіл	25000	Площа плити, м – 0,5х0,5
ж) Кран консольний	90000	Виліт, м – 4,0 Вантажопідйомність, кН - 10
з) Конвеєр	60000	Ширина транспортера, м – 0,5
3. Ділянка складання вузлів	600000	Габаритні розміри вузлів, м Довжина – до 3 Ширина – до 2 Маса вузлів, т – до 0,5
а) Позиціонер зварювальний	100000	
б) Кантувач	150000	
в) Складальний стенд	100000	
г) Складальний верстат	150000	
д) Перевантажувач	100000	
4. Дільниця складання блоків	2000000	
а) Кран - балка	100000	Вантажопідйомність, кН - 10
б) Кантувальний пристрій	200000	Вантажопідйомність, кН - 150
в) Комплект ДПУ-5	10000	Зусилля обтискання, кН – 50
г) Стріла поворотна, зварювальна	65000	

Основні техніко - економічні показники впровадженого типового організаційно – технологічного проекту наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Техніко – економічні показники впровадження

Показники	По проекту	По ТЕП
Річний випуск, т	2100	5000
Загальна площа, м ²	2160	-
Чисельність виробничих працівників, чол.	205	-
Випуск з 1 м ² загальної площі, т	0,98	1,6
Випуск на 1 працівника виробництва, т	10,2	30,0

Трудомісткість виготовлення 1 т конструкцій, чол/год	57,1	46,0
Технічний рівень	0,65	0,70
Рівень механізації	55-60	60

Аналіз застосованого в типовому проекті обладнання показує, що діючий рівень технологічних та конструкторських напрацювань дозволяє механізувати виробництво тільки основних корпусних конструкцій. Виробництво нетипових конструкцій потребує рішення проблеми їх механізованого виготовлення. Однак для цього необхідно виконати значний обсяг науково – дослідницьких робіт.

Більш низький в порівнянні з ТЕП показник випуску з 1м² площі пояснюється застосуванням об'ємного збирання замість секційного, а також створенням 4 зон кантування. Загальна площа не враховує площі комплектування та попереднього складування.

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		102

					КР.131.6121м.06.06								
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата									
Студент		Захлипа В.В.			Розробка питань охорони праці та техніки безпеки в моделі цеху				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Керівник		Драган С.В.									103	108	
Консультант									НЧК				
В.О.зав. кафедри		Драган С.В.											

6. Розробка питань охорони праці та техніки безпеки в моделі цеху

При організації робіт та виконанні технологічних операцій в умовах механізованого складально – зварювального виробництва на працівників можуть впливати наступні негативні виробничі фактори:

- Пил та газ, які виникають при зварюванні та тепловій обробці металів;
- Бризки металу та випромінювання зварювальної дуги;
- Підвищений рівень шуму та локальна вібрація;
- Підвищений рівень напруги в електричній мережі;
- Знижена чи підвищена температура, відносна вологість, швидкість руху повітря в робочій зоні;
- Недостатня освітленість робочих місць;
- Вибухонебезпечні гази;
- Знижена чи підвищена температура поверхні обладнання та матеріалів;
- Ємності, які працюють під тиском;
- Незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- Рухомі вироби, заготовки та матеріали;
- Динамічні та статичні навантаження

Для забезпечення безпечних умов праці в комплексно – механізованому складально – зварювальному виробництві необхідно дотримуватись правил різних нормативних документів.

При виконанні робіт необхідно дотримуватись вимог безпеки, які викладені в розділах технічної документації на окремі види технологічних процесів та технологічного обладнання[14].

Адміністрація, яка організовує та виконує роботи складально – зварювального виробництва, повинна розробити інструкції по техніці безпеки для всіх видів робіт з урахуванням справжніх вимог та місцевих виробничих умов та забезпечити систематичний контроль за їх виконанням.

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		104

Загальні висновки

1. Розроблена інтерактивна модель складально-зварювального цеху суднобудівної верфі IV класу, яка дозволяє: моделювати різні виробничі процеси; отримувати доступ до інформації, яка наведена в моделі, не виходячи на реальне виробництво; отримувати робочі креслення обладнання та знаходити оптимальну схему його розташування в цеху; прокладати інженерні комунікації по цеху та вирішувати інші технологічні та організаційні завдання і, в цілому, підвищити ефективність аналізу та планування виробництва.

2. Для розробки інтерактивної моделі вибраний виріб-представник – палубна секція катера, проаналізована її технологічність і визначені параметри для розробки технологічного процесу складання і зварювання секції на механізованій потоковій лінії.

3. Вибрані способи та режими зварювання основних зварних з'єднань палубної секції на МПЛ: зварювання стикових настилу виконується автоматичним способом під флюсом на підкладці на режимі: $d_{\text{ел}} = 4$ мм; $I_{\text{зв}} = 400 - 500$ А; $U_{\text{д}} = 28 - 33$ В; $v_{\text{зв}} = 27 - 39$ м/год.; балок НГН з настилом палуби (тип з'єднання ТЗ) - автоматичне під флюсом на режимі: $d_{\text{ел}} = 4$ мм; $I_{\text{зв}} = 630 - 670$ А; $U_{\text{д}} = 28 - 30$ В; $v_{\text{зв}} = 35 - 37$ м/год.; балок НПН з настилом палуби та з балками НГН механізовано в захисному газі на режимі (у залежності від положення): $d_{\text{ел}} = 1,4$ мм; $I_{\text{зв}} = 140 - 300$ А; $U_{\text{д}} = 19 - 29$ В.

4. Розроблено технологічний процес складання і зварювання секції на МПЛ, складені 3 варіанти лінії розраховані їх показники і встановлено, що оптимальним є варіант, що характеризується такими показниками: технічна продуктивність $Q_{\text{тех}} = 0,25$ шт./год.; середній коефіцієнт завантаження обладнання $K_{\text{з.сер.}} = 0,65$; приведена трудомісткість технологічного процесу $T_{\text{пр}} = 31,3$ люд.-год; число позицій лінії $n = 6$; кількість робочих основних професій $a = 11$.

5. Виконане просторове розміщення МПЛ у прольоті складально-зварювального цеху верфі. Технологічні розміри виробництва узгоджені з

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

нормами технологічного проектування цехів. Складально-зварювальний цех є складовою розробленої функціональної моделі блоку корпусних цехів, яка може бути покладена в основу створення цифрового двійника БКЦ.

6. Проілюстровані (у вигляді фрагментів) можливості використання інтерактивної моделі, які дозволяють виконати організаційно-технологічне проектування складально-зварювальних цехів суднобудівних верфей IV класу.

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		106

Список використаних джерел інформації

1. Драган С.В. Голобородько Ж.Г., Сімуненков І.В. Технологія зварювання суднових корпусних конструкцій (проектування і організація) Навч. посібник під заг. ред. С. В. Драгана – Миколаїв: НУК, 2017 – 328 с
2. Кулагина М.А., Киселева Н.А., Основы технологического проектирования сборочно-сварочных цехов – Л: Судостроение 1977 – 213 с
3. Красовский А.И., Основы проектирования сварочных цехов – 4-е изд., перераб. – М.:Машиностроение, 1980. – 319с
4. Сімуненков І.В., Драган С.В., Гладченко Д.С. Стратегія технічного розвитку складально-зварювального виробництва суднобудівного заводу «Океан»// Судостроение и морская инфраструктура.- 2021, № 1(15). - С. 51 -62.
5. Симуненков И.В., Харитонов Ю.М., Драган С.В. Інформаційні технології – основа реформування суднобудівної галузі України (с. 381 - 410) Стаття в колективній монографії Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention: Scientific monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2022. 544 p.
6. Слободян С.О. Нормативно-правове забезпечення проєктів та програм впровадження технологічної платформи Shipbuilding 4.0/ С. О. Слободян, Ю.М. Харитонов // «Shipbuilding&Marine Infrastructure» – 2020. – № 2 (14). – С. 17 – 29. URL: <http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/3445/Slobodian.pdf>;
7. Лифшиц, Л.С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений /Л.С. Лифшиц, А.Н. Хакимов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.:Машиностроение, 1989. – 336с
8. Дрейзеншток З.Б. Справочник сварщика-судостроителя / З.Б. Дрейзеншток, Н.Л. Лушков. – Л. Судостроение, 1967. - 388 с.,

					КР.131.6121м.06.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		107

9. Абрамович В.Р. Справочник сварщика-судостроителя / В.Р. Абрамович, В.П. Бочкарев, Л.Б. Глушаков и др. – Л.: Судостроение, 1981. - 272 с.
10. Рашковский А.С. Технология изготовления конструкций корпуса судна. Учебник. / А.С. Рашковский, В.Н. Перов, С.Н. Слижевский, Н.В. Цыкало. – Николаев: НУК, 2017.- 304 с.
11. Голобородько Ж.Г. Основы технології дугового зварювання суднових конструкцій. Навч. посібник. / Ж.Г. Голобородько, С.В. Драган, В.В. Квасницький. Під заг. ред.. С.В. Драгана. – Миколаїв: НУК, 2013. – 380 с.
12. Драган С.В. Розрахунок вузлів та механізмів зварювальної оснастки – Миколаїв: НУК, 2020 – 120 с
13. Волченко Л.Я., Верланова Л.А. Расчет технико–экономических показателей и экономическое обоснование технических решений в дипломных проектах: Метод. указания, Николаев: НКИ, 1987 – 51 с
14. Охрана труда в машиностроении/Под ред. Юдина Е.Я и Белова С.В. – М: Машиностроение, 1983 - 432 с.