

УДК 621.65  
УКПП  
№ держреєстрації 0122U201167  
Інв. №

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет (СумДУ)  
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2; тел. 687878

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-дослідної роботи  
д-р фіз.-мат. наук, професор  
\_\_\_\_\_ А.М. Черноус

ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО – ТЕХНІЧНУ РОБОТУ  
РОЗРОБЛЕННЯ НАСОСА РЕАКТОРНОГО ВІДДІЛЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ  
СПЕЦІАЛЬНОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ РЕАКТОРІВ УКРАЇНСЬКИХ АТОМНИХ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ  
(остаточний)

Керівник НДР  
канд. тех. наук., доцент

О.В. Ратушний

2023

Рукопис закінчено 11 грудня 2023 р.

Результати цієї роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від 12 грудня 2023 р. № 10

## СПИСОК АВТОРІВ

Керівник теми, Канд. тех. наук., с.н.с .	_____	О. Ратушний (вступ, висновки, загальне компанування звіту)
Д-р тех. наук, п. н. с.	_____	О. Ляпощенко (розділ 2)
Д-р тех. наук., п. н. с.	_____	М. Сотник (підрозділ 3.4)
Канд. тех. наук., с. н. с.	_____	В. Кондусь (розділ 1)
Канд. тех. наук., с. н. с.	_____	А. Папченко (підрозділ 3.1)
Канд. тех. наук., с. н. с.	_____	О. Івченко (нормоконтроль)
Канд. тех. наук., с. н. с.	_____	С. Лугова (розділ 1)
Канд. тех. наук., с. н. с.	_____	С. Хованський (підрозділ 3.3)
Канд. тех. наук., с. н. с.	_____	А. Загорулько (розділ 2)
м. н. с.	_____	В. Рибальченко (підрозділ 3.2)
м. н. с.	_____	В. Бойченко (додатки)

М .Н. С.	_____	О. Жаль
	_____	(робоча конструкторська докуметація)
	_____	М. Кириленко
М .Н. С.	_____	(робоча конструкторська докуметація)
	_____	О. Мірошниченко
М .Н. С.	_____	(робоча конструкторська докуметація)
	_____	О. Куліков
М .Н. С.	_____	(підрозділ 3.3)
	_____	О. Безсмертний
М .Н. С.	_____	(підрозділ 3.4)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НТР: стор. 116, рис. 24, табл. 35, джерел 18

НАСОС, МАКЕТ, ВИПРОБУВАННЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА, ПАСПОРТ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ.

**Об'єкт дослідження** – насос спеціальної каналізації.

**Мета роботи** – розроблення робочої конструкторської й експлуатаційної документації на насос реакторного відділення для систем спецканалізації реакторів ВВЕР-1000 українських атомних електричних станцій для заміни застарілого насосного обладнання, яке фактично відпрацювало свій повний термін експлуатації, та його імпортозаміщення.

**Предмет дослідження** – вплив режимних та конструктивних параметрів вузлів та деталей насоса на його напірні, енергетичні й експлуатаційні характеристики.

**Методи дослідження.** Вирішення завдань роботи базується на методах проведення випробувань (натурного експерименту) динамічних насосів на спеціальному дослідницькому стенді.

**Головна ідея** роботи полягає у розробці конструкторської та супровідної документації на насос спеціальної каналізації, який має підвищені показники щодо енергоефективності і надійності (відносно насосних агрегатів, які наразі експлуатуються) для систем реакторів ВВЕР-1000 українських атомних електричних станцій (АЕС) для заміни й імпортозаміщення застарілого насосного обладнання, яке фактично відпрацювало свій повний термін експлуатації.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТА НАСОСНОГО АГРЕГАТА З ВИКОРИСТАННЯМ РЕЗУЛЬТАТІВ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ У ЕЛЕМЕНТАХ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НАСОСА</b> .....	8
<b>2 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ МІЦНІСТІ, ВІБРО- І СЕЙСМОСТІЙКІСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ НАСОСА І НАСОСНОГО АГРЕГАТУ</b> .....	15
<b>3 ПАРАМЕТРИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МАКЕТУ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НАСОСА. РОБОЧА КОНСТРУКТОРСЬКА Й ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ДОКУМЕНТАЦІЯ</b> .....	32
3.1 Програма і методика випробувань .....	33
3.2 Насосний агрегат АНВСА 45-54. Паспорт .....	49
3.3 Інструкція з експлуатації.....	61
3.4 Інструкція з консервації, пакування, транспортування і зберігання .....	85
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	92
ДОДАТОК А Картини розподілу параметрів швидкостей і тисків у елементах проточної частини насоса.....	95
ДОДАТОК Б Протокол параметричних випробувань насоса НВСА 45-54....	100
ДОДАТОК В Фотографії макетних елементів проточної частини.....	105
ДОДАТОК Г Насосний агрегат АНВСА 45-54. Схема гідравлічна .....	107
ДОДАТОК Д Насосний агрегат АНВСА 45-54. Завдання на фундамент .....	108
ДОДАТОК Е Відомість експлуатаційних документів .....	109
ДОДАТОК Ж Відомість запасних частин .....	110
ДОДАТОК З Габаритне креслення насосного агрегату АНВСА 45-54 .....	111
ДОДАТОК К Перелік креслеників робочого проекту.....	112
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ</b> .....	115

## ВСТУП

Насос спецканалізації є одним із важливих елементів, що забезпечує безпечну і безперебійну роботу реакторних відділень АЕС. Головною особливістю системи спецканалізації є те, що вона повинна працювати постійно протягом усього періоду експлуатації енергоблоку, забезпечуючи збирання протікань зони суворого режиму, вод зовнішньої дезактивації обладнання і приміщень реакторного відділення, виключення неконтрольованого попадання радіоактивних вод у навколишнє середовище. Відкачування цих вод є головною функцією насоса спецканалізації.

На діючих АЕС України з реакторами ВВЕР-1000 (згідно з існуючою проектною документацією блоків) експлуатуються насоси ХВС 45/54-К-СД. Виробництво насосів на зазначені параметри в Україні відсутнє. З урахуванням зазначеного, а також того, що вказані насоси потребують поступової заміни на діючих АЕС України та постачання на блоки АЕС України, що будуються (такі як 3 та 4 блоки Хмельницької АЕС) важливо забезпечити освоєння їхнього виробництва на профільних підприємствах України.

У рамках реалізації третього етапу роботи розроблено програму та методику випробувань насосного агрегату, виготовлено макет проточної частини насоса і проведені його натурні випробування, що підтвердили заявлені характеристики розробленого насоса.

У результаті виконання роботи створені комплекти робочої конструкторської та експлуатаційної документації на насос спецканалізації НВСА 45-54 і насосний агрегат АНВСА 45-54 на його основі в рамках імпортозаміщення у відповідності з вимогами керуючої організації ДП «НАЕК Енергоатом». Насос і насосний агрегат мають підвищені показники щодо надійності та енергоефективності (відносно насосних агрегатів, які наразі експлуатуються), що доведено результатами числових та натурних досліджень. Цей ефект був досягнутий за рахунок створення нової конструкції елементів проточної частини насоса.

Насосний агрегат АНВСА 45-54 призначений на заміну агрегата ХВС 45/54-К-СД системи спеціальної каналізації реакторного відділення енергоблоків атомних

електростанцій з реакторами ВВЕР-1000. Розроблена документація дає можливість організувати серійне виготовлення насоса спеціальної каналізації на профільних підприємствах України.

## **1 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТА НАСОСНОГО АГРЕГАТА З ВИКОРИСТАННЯМ РЕЗУЛЬТАТІВ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ У ЕЛЕМЕНТАХ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НАСОСА**

На першому етапі виконання НТР (жовтень-грудень 2022 року) виконувалося розроблення технічного завдання та ескізного проекту насосу спеціальної каналізації і насосного агрегату на його основі.

На базі існуючого прототипу насоса спеціальної каналізації – насоса ХВС 45/54-К-СД розроблено його принципово нову для даного насоса покращену конструктивну схему з відцентровим і вихровим робочими колесами. Вона дозволяє досягти підвищених показників щодо забезпечення самовсмоктуючої здатності насоса та енергоефективності робочого процесу. Тривимірні моделі відцентрового робочого колеса і вихрового (імелера) наведені на рисунках 1.1 і 1.2 відповідно.

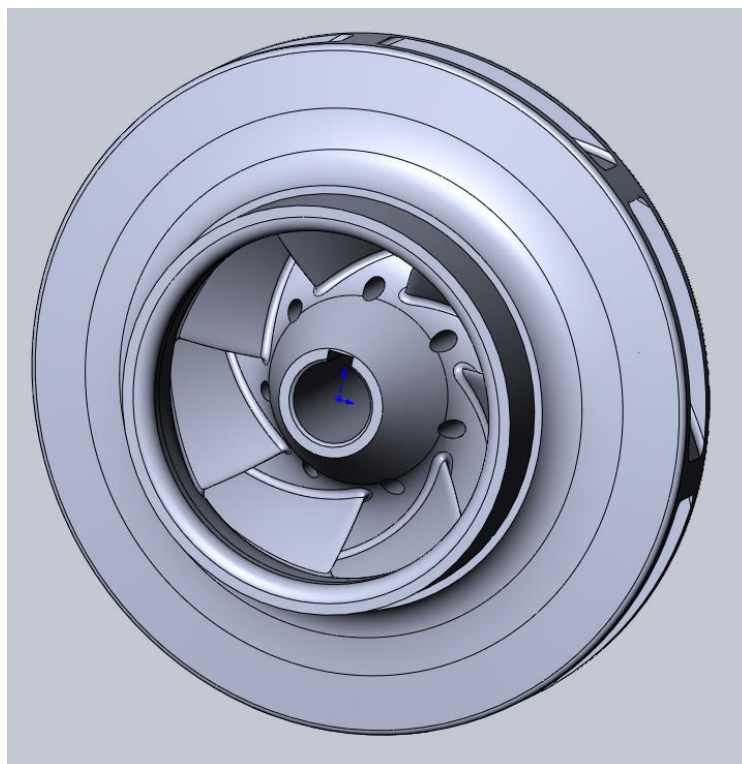


Рисунок 1.1 – Відцентрове робоче колесо



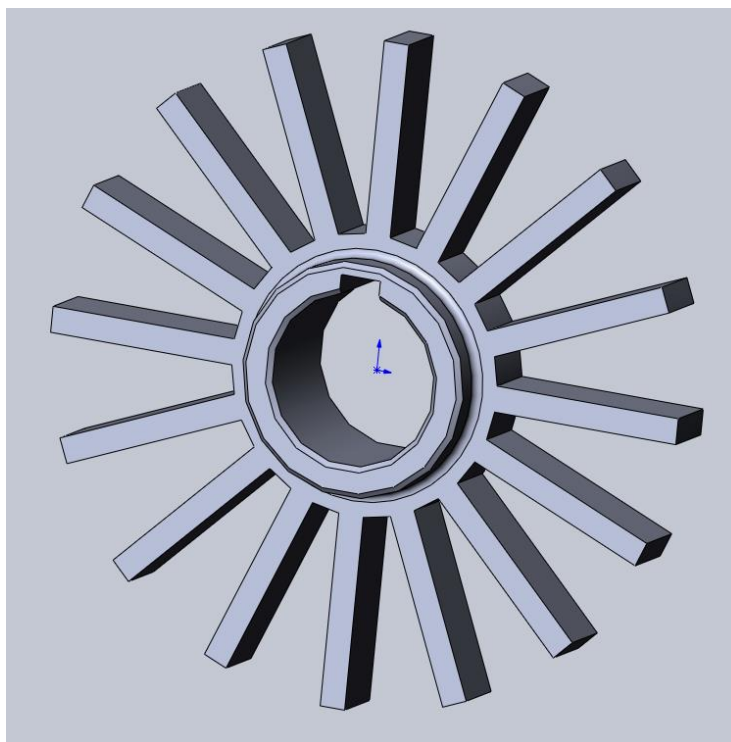


Рисунок 1.2 – Вихрове колесо (імпелер)

Послуговуючись обраною конструктивною схемою насоса у програмному середовищі SolidWorks розроблено твердотільні тривимірні моделі елементів його проточної частини та створено моделі рідини, що у ній перекачується. На базі рідинних моделей використовуючи програмний комплекс ANSYS CFX проведено математичне моделювання гідродинамічних процесів у проточній частині насоса.

Для забезпечення коректної роботи математичного моделювання у програмному комплексі ANSYS CFX в області входу та виходу з кожного елемента проточної частини виконано подовжені ділянки. Загальна рідинна модель проточної частини наведена на рисунку 1.3.

Побудова розрахункових сіток елементів проточної сітки виконана в програмному компоненті ICEM CFD. Пристінковий шар виконано наступним чином. Товщина першого шару склала 0,05 мм. Розміри наступних шарів збільшувались по експоненційному закону з показником 1,5. Кількість шарів по товщині пристінкового шару рівна 7. В області пристінкового шару ячейки мають призматичну форму, а в області решти потоку – форму тетраедра.

Створення розрахункової моделі проведено в пакеті CFX-Pre 19.0. Робочим середовищем виступала вода з температурою 20°C, режим – турбулентний. Для замикання рівнянь Рейнольда використовувалась стандартна k-ε модель турбулентності.



Рисунок 1.3 – Рідинна розрахункова модель проточної частини насоса спецканалізації

У якості граничної умови на вході в розрахункову область задана масова витрата через один канал робочого колеса, що визначається за залежністю

$$G_{\text{кан}} = \frac{Q \cdot \rho}{Z} ;$$

де  $\rho$  – густина води, для даних умов = 1000 кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – подача (витрата рідини) на розрахунковому режимі роботи;

$Z$  – кількість міжлопатевих каналів.

Границя вхідної площини у розрахункову область розміщена на достатньому віддаленні від вхідної кромки лопаті.

У якості граничної умови на виході з розрахункової області задавався статичний тиск. В даному випадку, так як в подальшому всі дослідження та порівняння проводились для відносних величин, на виході була задана величина тиску, рівна 1 МПа.

Враховуючи те, що передбачається наявність зворотних течій на виході з розрахункової області, тип граничної умови був заданий як «opening». Границя на виході встановлювалась на деякій відстані від вихідної кромки лопаті.

Шорсткість стінок прийнята рівною 12,5 мкм. Критерієм збіжності було досягнення точності  $10^{-4}$ , що є достатнім для наукових розрахунків.

У результаті розрахунку визначалися інтегральні характеристики насоса: напір, споживана потужність, корисна потужність, ККД.

Аналіз результатів моделювання підтвердив, що за рахунок досконалішого проектування роторних елементів проточної частини насоса досягнуто покращення ефекту самовсмоктування і досягнуто більш високих показників енергоефективності робочого процесу – напору (створюваного тиску) і коефіцієнта його корисної дії (корисно споживаної енергії від всієї, що підводиться до агрегату) у порівнянні з базовим аналогом, який наразі експлуатується на атомних станціях. Таким чином була обґрунтована адекватність обраних геометричних співвідношень елементів насоса. Результати параметричних випробувань насоса у програмному комплексі ANSYS CFX наведені у таблиці 1.1. Дослідження проведено для режимів подачі від 4,5 до 90 м<sup>3</sup>/год, що відповідає діапазону подач  $0,1 - 2 Q_{\text{опт}}$ . На рисунку 1.4 наведено зведенені напірні й енергетичні характеристики розроблюваного насоса та його прототипу ХВС 45/54-К-СД.

На основі нової конструктивної схеми насоса та за результатами математичного моделювання гідродинамічних процесів у його проточній

частини розроблено технічне завдання й ескізний проект на новий оригінальний насос НВСА 45-54 і насосний агрегат спеціальної каналізації АНВСА 45-54.

Таблиця 1.1 – Результати числових параметричних розрахунків насоса НВСА 45-54

Робоча точка	Частота обертання $n = 2900$ об/хв			Густина рідини $\rho = 997$ кг/м <sup>3</sup>	
	Подача	Масова подача	Напір	ККД	Споживана потужність
	м <sup>3</sup> /год	кг/с	м	%	кВт
0,1	4,5	1,2463	60,25	0,2268	3,3
0,2	9	2,4925	59,78	0,3324	4,4
0,3	13,5	3,7388	58,8	0,3869	5,6
0,4	18	4,9850	57,04	0,4092	6,8
0,5	22,5	6,2313	57,07	0,4334	8,1
0,6	27	7,4775	57,03	0,455	9,2
0,7	31,5	8,7238	57,41	0,4726	10,4
0,8	36	9,9700	57,24	0,4887	11,5
0,9	40,5	11,2163	57,57	0,5051	12,6
1	45	12,4625	56,52	0,5083	13,6
1,1	49,5	13,7088	56,34	0,5235	14,5
1,2	54	14,9550	55,44	0,5303	15,4
1,3	58,5	16,2013	55,42	0,5295	15,4
1,4	63	17,4475	53,51	0,5241	17,5
1,5	67,5	18,6938	52,27	0,5164	18,6
1,6	72	19,9400	49,98	0,4969	19,7
1,7	76,5	21,1863	45,19	0,4509	20,9
1,8	81	22,4325	40,14	0,4002	22,1
1,9	85,5	23,6788	35,06	0,3513	23,2
2	90	24,9250	25,6	0,2576	24,4

Картини розподілу параметрів швидкостей і тисків у елементах проточної частини насоса наведені у додатку А.

Аналізу картин розподілу відносної швидкості та тиску у меридіональному перерізі та міжлопатевих каналах робочого колеса дозволили зробити висновок, що вони виконані з високою гідравлічною якістю і низькою ймовірністю виникнення кавітаційних явищ, число лопатей та кути їх установки обрані оптимально. Загалом перепад тиску в міжлопатевих каналах робочого

колеса не перевищує 4%, що свідчить про правильно спроектовану проточну частину робочого колеса з огляду на число його лопатей.

Розподіл відносної швидкості у каналі відвідного пристрою насоса свідчить про достатню якість натікання потоку на спіральну ділянку відвода. Розподіл відносної швидкості у напірному патрубку насоса рівномірний, що підтверджує мінімальний рівень гідравлічних втрат у цих каналах проточної частини, у зв'язку з відсутністю значних зон вихороутворення.

Аналогічні висновки зроблені з якісної картини розподілу тиску у каналі відвідного пристрою оскільки в них відсутні яскраво виражені зони зниженого або підвищеного тиску. Розподіл тиску в напірному патрубку рівномірний з поступовим збільшенням його значення в напрямку руху робочої рідини від центру до периферії, що пояснюється зменшенням динамічної складової напору та збільшенням його статичної складової.

Рівномірність розподілу відносної швидкості та тиску притаманна також і зоні всмоктувального резервуару. Зважаючи на це, цей елемент також вважався спроектованим найоптимальнішим чином з точки зору досягнення найвищого ККД насоса.

Послугуючись результатами моделювання течії у проточній частині насоса було розроблено технічне завдання і ескізний проект насоса спеціальної каналізації і насосного агрегата на його основі.

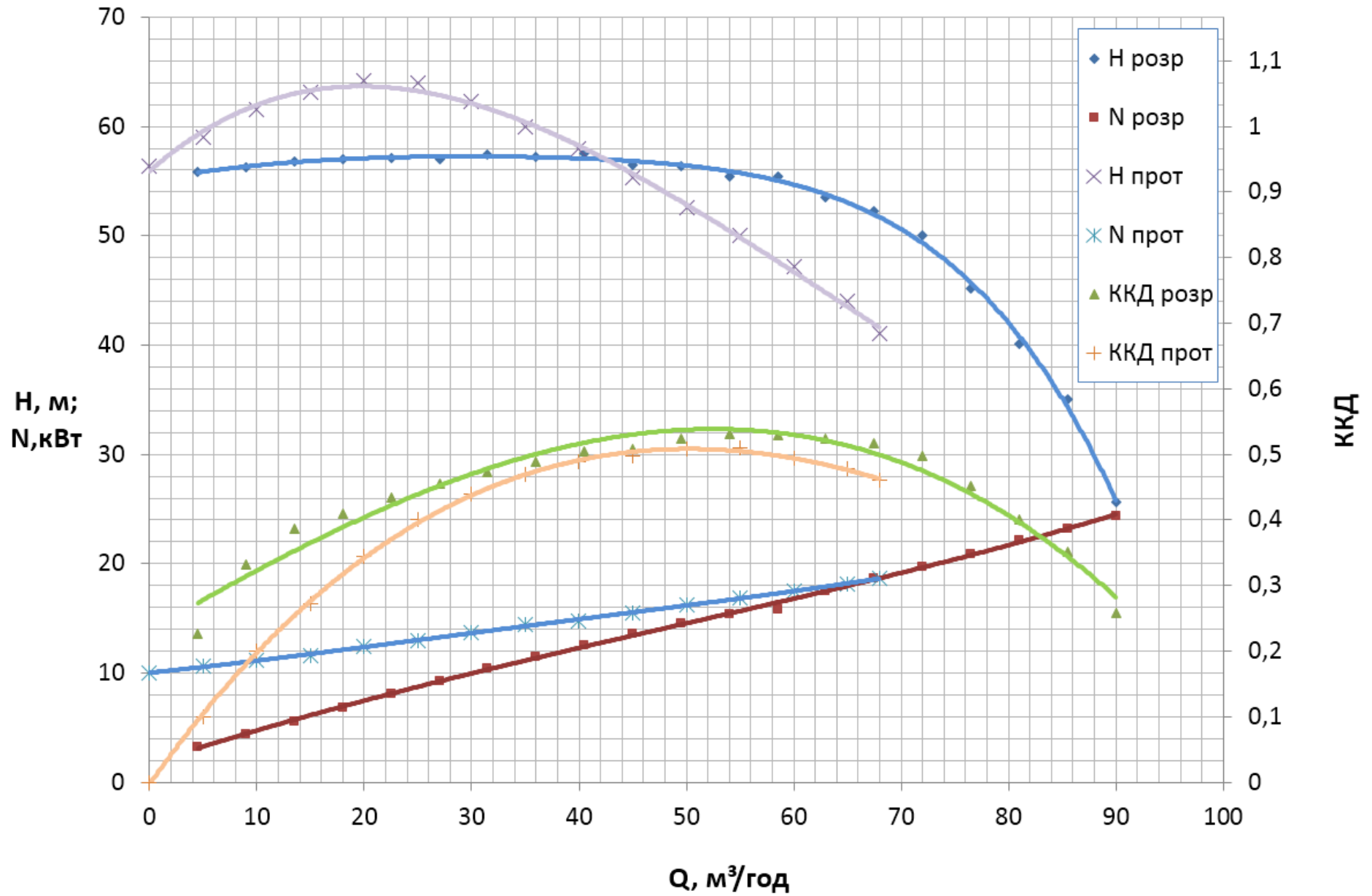


Рисунок 1.4 – Характеристики розрахункові насоса НВСА 45-54 і прототипу ХВС 45/54-К-СД

## **2 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ МІЦНІСТІ, ВІБРО- І СЕЙСМОСТІЙКІСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ НАСОСА І НАСОСНОГО АГРЕГАТУ**

У рамках виконання другого етапу роботи (січень-червень 2023 року) розроблено технічний проєкт насосного агрегату АНВСА 45-54, виконані розрахунки на міцність вібро- і сейсмостійкість, а також розрахунки показників надійності.

Основні вихідні дані до розрахунків згідно з технічним завданням НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ. наведені у таблиці 2.1. Перелік деталей насоса, що розраховуються, і механічні властивості їх матеріалів наведені в таблиці 2.2. Величина тиску гідравлічних випробувань та тиску огляду вузлів та деталей насоса наведено в таблиці 2.3. Результати розрахунку на вибір основних розмірів наведено в таблиці 2.4. Розрахунки на статичну міцність проводилися для кріпильних деталей для найбільш напружених корпусних деталей з використанням програмного комплексу ANSYS. Оцінка статичної міцності проводилася на основі зіставлення розрахункових напруг, прийнятих груп категорій напруг з відповідними напруженнями, що допускаються. Результати розрахунків наведено у таблицях 2.5-2.8.

Розрахунки міцності деталей насоса з урахуванням сейсмічних навантажень проводилися на основі зіставлення розрахункових напруг, прийнятих груп категорій напруг з відповідними напруженнями, що допускаються. Результати розрахунків наведено у таблицях 2.9 та 2.10.

Результати розрахунків міцності кріпильних деталей обладнання наведено у таблицях 2.11 та 2.12. Результати розрахунків валу на статичну міцність та сейсмічну міцність наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.1 – Основні вихідні дані

Назва параметра	Значення параметра
Назва середовища	Технічна або знесолена вода для охолодження (замикання) ущільнення
Розрахункова температура, °С	90
Розрахунковий тиск на міцність корпусу насоса, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,64 (6,5)
Тиск гідравлічних випробувань корпусу насоса, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,93 (9,5)
Подача, (м <sup>3</sup> /год)	45
Напір, м	90
Максимальна потужність, що споживає насос, кВт	27,7
Частота обертання, об/хв	2940
Група умов розміщення агрегату згідно СОУ НАЕК 100:2016	P3.1
Група умов експлуатації агрегатів згідно СОУ НАЕК 100:2016	E1.2
Група обладнання згідно НП 306.2.227-2020	C
Клас безпеки (класифікаційне позначення) згідно НП 306.2.141-2008	3Н
Категорія сейсмостійкості згідно НП 306.2.208-2016	II
Категорія розміщення відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016	Д
Позначка встановлення насосного агрегату, м	-4,2
Кількість допустимих затяжок кріпильних деталей	25
Кількість допустимих гідровипробувань	13
Кількість допустимих пусків агрегату	1500



Таблиця 2.2 – Перелік деталей насоса

В Мегапаскалях

Назва деталі і позначення креслення	Матеріал, ДСТУ, ТУ, джерело	Температура, °C	$R_m^T$	$R_{p0,2}^T$	$[\sigma]^T$ , $[\sigma]_w^T$
Ліхтар НЕЦ.150111-01.05.001.01	20X13Л ДСТУ 8781:2018	20	589	441	226,5
		90	560	385	215,4
Корпус НЕЦ.150111-01.05.001.02	12X18Н9ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	441	196	130,7
		90	412	196	130,7
Корпус НЕЦ.150111-01.05.001.02-01	12X18Н12М3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Корпус імпелера НЕЦ.150111-01.05.001.03	12X18Н9ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	441	196	130,7
		90	412	196	130,7
Корпус імпелера НЕЦ.150111-01.05.001.03-01	12X18Н12М3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Фланець Ду100 НЕЦ.150111-01.05.001.04	20X13Л ДСТУ 8781:2018	20	589	441	226,5
		90	560	385	215,4
Фланець Ду100 НЕЦ.150111-01.05.001.04-01	12X18Н12М3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Фланець Ду80 НЕЦ.150111-01.05.001.05	20X13Л ДСТУ 8781:2018	20	589	441	226,5
		90	560	385	215,4
Фланець Ду80 НЕЦ.150111-01.05.001.05-01	12X18Н12М3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Фланець НЕЦ.150111-01.05.002.01	12X18Н10Т ГОСТ 5632-72	20	491	196	130,7
		90	446	181	120,7
Фланець	12X18Н12М3ТЛ	20	500	216	144

НЕЦ.150111-01.05.002.01-01	ДСТУ 8781:2018	90	450	170	113,3
----------------------------	----------------	----	-----	-----	-------

Продовження таблиці 2.2

В Мегапаскалях

Назва деталі і позначення креслення	Матеріал, ДСТУ, ТУ	Температура, °C	$R_m^T$	$R_{p0,2}^T$	$[\sigma]^T, [\sigma]_w^T$
Обичайка НЕЦ.150111-01.05.002.02	12X18H10T ГОСТ 5632-72	20	491	196	130,7
		90	446	181	120,7
Обичайка НЕЦ.150111-01.05.002.02-01	12X18H12M3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Диск НЕЦ.150111-01.05.002.03	12X18H10T ГОСТ 5632-72	20	491	196	130,7
		90	446	181	120,7
Диск НЕЦ.150111-01.05.002.03-01	12X18H12M3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Ніпель НЕЦ.150111-01.05.006.01	12X18H10T ГОСТ 5632-72	20	491	196	130,7
		90	446	181	120,7
Гайка накладна НЕЦ.150111-01.05.006.02	20X13 ГОСТ 5632-72	20	647	441	248,8
		90	608	412	233,8
Фланець імпелера НЕЦ.150111-01.05.009.02	20X13Л ДСТУ 8781:2018	20	589	441	226,5
		90	560	385	215,4
Фланець імпелера НЕЦ.150111-01.05.009.02-01	12X18H12M3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Трубка НЕЦ.150111-01.05.009.03	20X13Л ДСТУ 8781:2018	20	589	441	226,5
		90	560	385	215,4
Трубка НЕЦ.150111-01.05.009.03-01	12X18H12M3ТЛ ДСТУ 8781:2018	20	500	216	144
		90	450	170	113,3
Кришка ущільнення НЕЦ.150111-01.05.016.01	12X18H10T ГОСТ 5632-72	20	491	196	130,7
		90	446	181	120,7
Штуцер НЕЦ.150111-01.05.016.02	12X18H10T ГОСТ 5632-72	20	491	196	130,7
		90	446	181	120,7
Вал НЕЦ.150111-01.05.011.05	14X17H2 ГОСТ 5632-72	20	687	540	264,2
		90	667	530	256,5

Продовження таблиці 2.2

В Мегапаскалях

Назва деталі і позначення креслення	Матеріал, ДСТУ, ТУ	Температура, °C	$R_m^T$	$R_{p0,2}^T$	$[\sigma]^T$ , $[\sigma]_w^T$
Кріпильні деталі					
Шпилька М10 НЕЦ.150111-01.05.001.09	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Шпилька М16 НЕЦ.150111-01.05.001.12	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Шпилька М16 НЕЦ.150111-01.05.001.12-01	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Шпилька М20 НЕЦ.150111-01.05.001.15	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Анкерний болт 8.1.М24×600	Ст3пс2 ГОСТ24379.1-80	20	355	175	87,5
		90	333	167	83,5
Шпилька М27-6g×65.20X13	20X13 ГОСТ 22034-76	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Шпилька М16-6g×35.20X13	20X13 ГОСТ 22034-76	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Гвинт М8-6g×12. 12X18Н10Т	12X18Н10Т [1], Додаток 1, Таблиця П1.1	20	491	196	98
		90	446	181	90,5
Гайка М10 НЕЦ.150111-01.05.001.10	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Гайка М16 НЕЦ.150111-01.05.001.13	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5
Гайка М20 НЕЦ.150111-01.05.001.16	20X13 ГОСТ 5632-72	20	785	590	295
		90	736	549	274,5

Таблиця 2.3 – Тиски гідравлічних випробувань і огляду вузлів та деталей насоса

Назва деталей та вузлів	Розрахунковий тиск $p$ , МПа	Розрахунковий тиск гідравлічних випробувань, $p_h$ , МПа	Прийняте значення тиску гідравлічних випробувань, $p_h$ , МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )	Тиск огляду при гідравлічних випробуваннях, $p_{ho}$ , МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )
Корпус НЕЦ.150111-01.05.001.02	0,64	0,8	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Корпус НЕЦ.150111-01.05.001.02-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Корпус імпелера НЕЦ.150111-01.05.001.03	0,64	0,8	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Корпус імпелера НЕЦ.150111-01.05.001.03-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець Ду100 НЕЦ.150111-01.05.001.04	0,64	0,84	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець Ду100 НЕЦ.150111-01.05.001.04-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець Ду80 НЕЦ.150111-01.05.001.05	0,64	0,84	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець Ду80 НЕЦ.150111-01.05.001.05-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Гайка накидна НЕЦ.150111-01.05.006.02	0,64	0,85	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець корпуса НЕЦ.150111-01.05.009.01	0,64	0,84	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )

Продовження таблиці 2.3

Назва деталей та вузлів	Розрахунковий тиск $p$ , МПа	Розрахунковий тиск гідравлічних випробувань, $p_h$ , МПа	Прийняте значення тиску гідравлічних випробувань, $p_h$ , МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )	Тиск огляду при гідравлічних випробуваннях, $p_{ho}$ , МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )
Фланець корпусу НЕЦ.150111- 01.05.009.01-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець імпелера НЕЦ.150111- 01.05.009.02	0,64	0,84	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Фланець імпелера НЕЦ.150111- 01.05.009.02-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Трубка НЕЦ.150111- 01.05.009.03	0,64	0,84	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Трубка НЕЦ.150111- 01.05.009.03-01	0,64	1,02	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Кришка ущільнення НЕЦ.150111- 01.05.016.01	0,64	0,87	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )
Штуцер НЕЦ.150111- 01.05.016.02	0,64	0,87	1,02 <sup>+0,1</sup> (10,4 <sup>+1</sup> )	0,82 <sup>+0,1</sup> (8,4 <sup>+1</sup> )

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку на вибір основних розмірів

Найменування деталі та позначення	Розрахунковий розмір, мм	Конструктивно прийнятий розмір, мм
Корпус (циліндрична частина) НЕЦ.150111-01.05.001.02-01	2,2	13
Патрубок корпуса (конусна частина) НЕЦ.150111-01.05.001.02-01	1,2	12
Трубка НЕЦ.150111-01.05.009.03-01	0,58	1
Корпус імпелера (кришка) НЕЦ.150111-01.05.001.03-01	14,2	30,6
Корпус імпелера (фланець) НЕЦ.150111-01.05.001.03-01	23	36
Кришка ущільнення (торцева частина) НЕЦ.150111-01.05.016.01	3,5	4,5
Кришка ущільнення (циліндрична частина) НЕЦ.150111-01.05.016.01	1	3,5
Штуцер НЕЦ.150111-01.05.016.02	0,57	0,9
Гайка (циліндрична частина) НЕЦ.150111-01.05.006.02	0,8	3,25
Гайка (донце) НЕЦ.150111-01.05.006.02	1,4	4
Ніпель (циліндрична частина) НЕЦ.150111-01.05.006.02	0,48	1
Обичайка НЕЦ.150111-01.05.002.02-01	0,52	5

Продовження таблиці 2.4

Найменування деталі та позначення	Розрахунковий розмір, мм	Конструктивно прийнятий розмір, мм
Диск НЕЦ.150111-01.05.002.03-01	13,8	16
Шпилька НЕЦ.150111-01.05.001.12	5,4	13,835
Гвинт М8-6gx12.12X18H10T	4,1	6,647
Фланець кришки ущільнення НЕЦ.150111-01.05.016.01	2,6	4
Шпилька М16 НЕЦ.150111-01.05.001.12-01	8,5	13,835
Фланець Ду100 НЕЦ.150111-01.05.001.04-01	6,2	17
Шпилька М16 НЕЦ.150111-01.05.001.12-01	7,2	13,835
Фланець Ду80 НЕЦ.150111-01.05.001.05-01	10,5	17
Шпильки М10 НЕЦ.150111-01.05.001.09	4,9	8,376
Фланець імпелера НЕЦ.150111-01.05.009.02-01	5,8	14
Шпилька М20 НЕЦ.150111-01.05.001.15	3,8	17,294
Фланець НЕЦ.150111-01.05.002.01-01	7	18,5



Таблиця 2.5 – Результати розрахунків на статичну міцність

Найменування деталі та позначення	НЕ							
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа							
	$(\sigma)_1$	$[\sigma_w]$	$(\sigma)_{3w}$	$1,3[\sigma_w]$	$(\sigma)_{4w}$	$1,7[\sigma_w]$	$\tau_w^T$	$0,32R_{p0,2}$
Шпилька НЕЦ.150111- 01.05.001.12	64	274,5	120,8	356,9	143,3	466,6	62,9	175,7
Гвинт М8- 6gx12.12X18H10T	41,6	90,5	42,1	117,7	67	153,8	19,4	57,9
Шпилька М16 НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	124,4	274,5	147,5	356,9	198,5	466,6	57,3	175,7
Шпилька М16 НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	120,7	274,5	138,4	356,9	191,9	466,6	53,7	175,7
Шпилька М10 НЕЦ.150111- 01.05.001.09	210,1	274,5	214,7	356,9	337,6	466,6	133,2	175,7
Шпилька М20 НЕЦ.150111- 01.05.001.15	120,4	274,5	127,2	356,9	192,9	466,6	66	175,7

Таблиця 2.6 – Результати розрахунків на статичну міцність

Найменування деталі та позначення	Гідравлічні випробування	
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа	
	$\sigma_{mwh}$	$0,7R_{p0,2w}$
Шпилька НЕЦ.150111-01.05.001.12	64	413

Продовження таблиці 2.6

Найменування деталі та позначення	Гідравлічні випробування	
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа	
	$\sigma_{mwh}$	$0,7R_{p0,2w}$
Гвинт М8-6gx12.12X18H10T	41,6	137,2
Шпилька М16 НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	110,9	413
Шпилька М16 НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	113	413
Шпилька М10 НЕЦ.150111- 01.05.001.09	210,6	413
Шпилька М20 НЕЦ.150111- 01.05.001.15	120,4	413

Таблиця 2.7 – Результати розрахунків на статичну міцність

Найменування деталі та позначення	НЕ					
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа					
	$(\sigma)_1$	$[\sigma]^T$	$(\sigma)_2$	$1,3[\sigma]^T$	$(\sigma)_{RV}$	$(2,5 - \frac{R_{p0,2}^T}{R_m^T})R_{p0,2}^T$ але не більше $2R_{p0,2}^T$
Фланець Ду100 НЕЦ.150111- 01.05.001.04- 01	0,1	113,3	85,3	147,3	101,3	360,8
Фланець Ду80 НЕЦ.150111- 01.05.001.05- 01	5,4	113,3	78	147,3	87	360,8

Корпус НЕЦ.150111- 01.05.001.02- 01	12,8	144	114,8	187,2	115,4	426,8
Корпус імпелера НЕЦ.150111- 01.05.001.03- 01	7,5	144	50,6	187,2	201,2	426,8
Ліхтар НЕЦ.150111- 01.05.001.01	-	-	70	280	-	-
Бак НЕЦ.150111- 01.05.002.00	7,5	144	50,6	187,2	201,2	426,8
Корпус НЕЦ.150111- 01.05.001.02- 01	12,8	144	114,8	187,2	115,4	426,8
Корпус імпелера НЕЦ.150111- 01.05.001.03- 01	7,5	144	50,6	187,2	201,2	426,8
Ліхтар НЕЦ.150111- 01.05.001.01	-	-	70	280	-	-
Бак НЕЦ.150111- 01.05.002.00	7,5	144	50,6	187,2	201,2	426,8

Розрахунки на віброміцність проводились з використанням програмного комплексу ANSYS. Результати розрахунків наведено у таблиці 2.14. Результати розрахунків на циклічну міцність наведено у таблиці 2.15. Результати розрахунків підшипників та щілини між колесом та корпусом наведено у таблиці 2.16 та 2.17.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунків на статичну міцність

Найменування деталі та позначення	Гідравлічні випробування			
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа			
	$(\sigma)_{1h}$	$1,35[\sigma]^{th}$	$(\sigma)_{2h}$	$1,7[\sigma]^{th}$
Фланець Ду100 НЕЦ.150111- 01.05.001.04-01	1,7	194,4	26,4	244,8
Фланець Ду80 НЕЦ.150111- 01.05.001.05-01	9,4	194,4	36	244,8
Корпус НЕЦ.150111- 01.05.001.02-01	21,1	194,4	93,4	244,8
Корпус імелера НЕЦ.150111- 01.05.001.03-01	12,9	194,4	60,3	244,8
Ліхтар НЕЦ.150111- 01.05.001.01	-	-	-	-
Бак НЕЦ.150111- 01.05.002.00	12,9	194,4	60,3	244,8

Таблиця 2.9 – Результати розрахунків на сейсмічну міцності деталей насоса

Найменування деталі та позначення	НЕ + ПЗ					
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа					
	$(\sigma_s)_{mw}$	$1,5[\sigma]_w$	$(\sigma_s)_{4w}$	$2,3[\sigma]_w$	$(\tau_s)_{sw}$	$0,8[\sigma]_w$
Шпилька НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	150,3	411,8	200,6	631,4	78,3	219,6
Шпилька НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	140,2	411,8	193,2	631,4	73	219,6

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків на сейсмічну міцності деталей насоса

Найменування деталі та позначення	НЕ + ПЗ			
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа			
	$(\sigma_s)_1$	$1,5[\sigma]^T$	$(\sigma_s)_2$	$1,9[\sigma]^T$
Фланець Ду100 НЕЦ.150111- 01.05.001.04-01	0,5	169	109	215
Фланець Ду80 НЕЦ.150111- 01.05.001.05-01	9	169	101	215
Корпус НЕЦ.150111- 01.05.001.02-01	45	169	176	215
Корпус імелера НЕЦ.150111- 01.05.001.03-01	4	169	101	215
Ліхтар НЕЦ.150111- 01.05.001.01	-	-	41,3	280
Бак НЕЦ.150111- 01.05.002.00	6	169	174	215

Таблиця 2.11 – Результати розрахунків міцності кріпильних деталей

Найменування деталі та позначення	НЕ					
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа					
	$(\sigma)_1$	$[\sigma]_w$	$(\sigma)_{4w}$	$1,7[\sigma_w]$	$\tau_w^T$	$0,32R_{p0,2w}^T$
Анкерний болт 8.1.M24×600	57,1	87,5	82,2	148,8	29,5	56

Продовження таблиці 2.11

Найменування деталі та позначення	НЕ					
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа					
	$(\sigma)_1$	$[\sigma]_w$	$(\sigma)_{4w}$	$1,7[\sigma]_w$	$\tau_w^T$	$0,32R_{p0,2w}^T$
Шпилька М27- 6g×65.20X13	189,5	274,5	295,1	466,6	113,1	175,7
Шпилька М16- 6g×35.20X13	157,3	274,5	263,6	466,6	105,8	175,7

Таблиця 2.12 – Результати розрахунків міцності кріпильних деталей

Найменування деталі та позначення	НЕ + ПЗ					
	Розрахункові та допустимі напруги, МПа					
	$(\sigma_s)_{mw}$	$1,5[\sigma]_w$	$(\sigma_s)_{4w}$	$2,3[\sigma]_w$	$(\tau_s)_{sw}$	$0,8[\sigma]_w$
Анкерний болт 8.1.М24×600	65,2	131,3	89,7	201,2	30,2	70
Шпилька М27- 6g×65.20X13	190,8	411,8	296,4	631,3	113,2	219,6
Шпилька М16- 6g×35.20X13	162,5	411,8	268,9	631,6	106,2	219,6

Таблиця 2.13 – Результати розрахунків валу на статичну та сейсмічну міцність

Найменування деталі та позначення	НЕ				НЕ + ПЗ			
	Запаси міцності				Запаси міцності, розрахункові та допустимі напруги, МПа			
	$n_T$	$[n_T]$	$n$	$[n]$	$n_{TS}$	$[n_T]$	$(\sigma_S)_{\text{екв}}$	$1,9[\sigma]$
Вал насоса НЕЦ.150111- 01.05.011.05	8,2	2,2	5	2,5	8,2	2,2	64,4	487,3

Таблиця 2.14 – Результати розрахунків на віброміцність

Частоти збудження та умови відбудови, Гц					
$\Omega_1$	$\frac{\Omega_1}{\omega} \geq 1,3$	$\Omega_2$	$\frac{\Omega_2}{\omega} \geq 1,3$	$\Omega_3$	$\frac{\Omega_3}{\omega} \geq 1,3$
94	$1,9 \geq 1,3$	122	$2,5 \geq 1,3$	377	$7,7 \geq 1,3$

Таблиця 2.15 – Результати розрахунків на на циклічну міцність

Найменування деталі та позначення	Накопичене втомне ушкодження	
	Сумарне	Допустиме
	$a$	$[a]$
Корпус НЕЦ.150111- 01.05.001.02-01	0,0016	1
Фланець Ду100 НЕЦ.150111-01.05.001.04-01	0,00015	1
Шпилька М16 НЕЦ.150111- 01.05.001.12-01	0,022	1
Шпилька М10 НЕЦ.150111- 01.05.001.09	0,107	1

Таблиця 2.16 – Результати розрахунків підшипників

Найменування деталі та позначення	Довговічність	Довговічність до капітального ремонту
	$L_{hA}$ , год	$[L_{hA}]$ , год
Радіально-упорний підшипник 46309 ГОСТ 831-75	$7,16 \cdot 10^6$	45000
Радіальний підшипник 60309 ГОСТ 7242-81	$8,6 \cdot 10^6$	45000

Таблиця 2.17 – Результати розрахунків щілини між колесом та корпусом

Розмір щілини між колесом та корпусом			
НЕ		НЕ + ПЗ	
$\delta$ , мм	$[\delta]$ , мм	$\delta$ , мм	$[\delta]$ , мм
$3,0 \cdot 10^{-5}$	0,4	$1,24 \cdot 10^{-4}$	0,4

Наведені результати розрахунків свідчать, що розрахована статична, сейсмічна, циклічна міцність, а також віброміцність розглянутих елементів насосного агрегату забезпечені відповідно до встановлених вимог. Ці параметри є визначальними для забезпечення безаварійної експлуатації насосного обладнання атомних електростанцій. Відповідно до закладених геометричних параметрів насосу наведені показники його надійності і довговічності перевищують показники насосів, що наразі експлуатуються на вітчизняних атомних електростанціях та знаходяться на рівні кращих світових аналогів.

Встановлені в технічних умовах показники надійності насоса розрахунково підтверджуються:

– безвідмовності – середнє напрацювання повністю забезпечується конструкцією насоса і обраними конструкційними матеріалами;



– довговічності (середній ресурс та середній термін служби) забезпечуються застосуванням матеріалів, що мають необхідні механічні властивості, ерозійно-корозійну стійкість, а також вибором основних розмірів та запасів міцності.

Послугуючись результатами розрахунків на міцність, вібро- і сейсмостійкість деталей та елементів насоса і насосного агрегату, а також технічним завданням і ескізним проектом був розроблений технічний проект насоса і насосного агрегату на його основі, виготовлено макети елементів проточної частини насоса для проведення параметричних досліджень.

### **3 ПАРАМЕТРИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МАКЕТУ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НАСОСА. РОБОЧА КОНСТРУКТОРСЬКА Й ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ДОКУМЕНТАЦІЯ**

Під час виконання третього етапу роботи (липень-грудень 2023 року) розроблено комплекти робочої конструкторської та експлуатаційної документації на насос спецканалізації і насосний агрегат АНВСА 45-54 на його основі, згідно з якими має проводитись його виготовлення й експлуатація. Виготовлено макет проточної частини насоса. Розроблено програму та методики випробувань насосного агрегату, згідно з якими проведено випробування елементів проточної частини насоса на експериментальному стенді.

Програма та методика випробувань, їх результати, експлуатаційна документація включена до звіту окремими підпунктами і додатками Г-3. Робоча конструкторська документація НЕЦ.150111-01.05.000.00 оформлена окремим комплектом креслень у двох томах, що додаються до звіту. Перелік креслень наведено у додатку К.

Документація розроблена відповідно до вимог [1-18] на основі технічного завдання ескізного і технічного проектів, підготовлених протягом попередніх етапів виконання роботи.

### **3.1 Програма і методика випробувань**

#### **3.1.1 Загальні положення**

Програма та методика випробувань (далі – ПМ1) встановлює об'єкт, ціль, обсяг та методику проведення випробувань проточних частин насоса НВСА 45-54 (далі – насос), що постачаються до енергоблоків АЕС України з реактором ВВЕР-1000 в порядку разового замовлення та випробовуються на підприємстві-виробнику або підприємстві-постачальнику.

Агрегати АНВСА 45-54 (ідентифікатор TZ00D01,02) є елементом системи спецканалізації (TZ) та призначені для відкачки трапних вод з бака на спецкорпус для їхньої подальшої переробки.

ПМ1 розроблена відповідно до вимог ДСТУ 6134:2009, ГОСТ 2.106-96, СОУ НАЕК 081:2015 і технічного завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ.

Випробування проводяться з метою перевірки відповідності основних показників якості та характеристик проточних частин насоса вимогам технічного завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ, комплекту конструкторської документації НЕЦ.150111-01.98.000.00 та контролю якості їх виготовлення.

Проточна частина насоса має бути піддана випробуванням в обсязі, визначеному цією ПМ1.

Випробування проводяться комісією, що складається з представників підприємства-виробника з обов'язковою участю представників технічного контролю підприємства, а також представників потенційного Замовника (у разі їх бажання).

Випробування проводяться з метою оцінки основних, визначених технічним завданням, показників і характеристик проточної частини насоса, перевірки і підтвердження відповідності її параметрів вимогам технічного завдання.

Комісія повинна керуватися в роботі вимогами ДСТУ 6134:2009, технічного завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ і цієї ПМ1.

Організація документального супроводу при пред'явленні елементів проточної частини на випробування вказана в розділі 3.1.5.

### 3.1.2 Загальні вимоги до умов, забезпечення і проведення випробувань

Випробування проводяться в приміщенні категорії «Д» відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Випробувальний стенд та інше випробувальне обладнання, якість води та її температура повинні відповідати вимогам ДСТУ 6134:2009. Випробувальний стенд повинен бути виконаний на номінальну частоту обертання. Випробування проточної частини насоса проводяться на воді з температурою до 40 ° С і іншими характеристиками відповідно до ДСТУ 6134:2009.

Тривалість параметричних випробувань повинна бути достатньою для отримання стабільних результатів. Всі вимірювання слід проводити при сталих режимах та в межах, зазначених у ДСТУ 6134:2009. Методи вимірювання потрібних величин – відповідно до ДСТУ 6134:2009.

Матеріально-технічне та метрологічне забезпечення для проведення параметричних випробувань має бути виконано відповідно до вимог ДСТУ 6134:2009.

Обрані для випробувань засоби вимірювальної техніки повинні бути занесені в паспорт стенду, а результати розрахунків відносних похибок вимірювань повинні додаватися до паспорта стенда.

Відносні граничні похибки при визначенні параметрів не повинні перевищувати величин, встановлених ДСТУ 6134:2009.

Засоби вимірювальної техніки, які використовуються під час випробувань, повинні мати клас точності не нижче зазначеного в ДСТУ 6134:2009. Засоби вимірювальної техніки, що входять до складу установки, повинні бути повірені.

До монтажу стенду, розміщення випробувального устаткування, проведення випробувань, використання вимірювальних приладів, зняття показників і характеристик повинен допускатися тільки кваліфікований персонал, який знає конструкцію стенду, що володіє досвідом монтажу, проведення випробувань, а також знає правила, норми та інструкції з безпеки.

Персонал, який проводить випробування, додатково повинен бути ознайомлений з конструкторською документацією та цією ПМ1. Кваліфікаційні вимоги визначаються посадовою інструкцією підприємства.

### 3.1.3 Вимоги безпеки

Загальні вимоги безпеки до обладнання випробувального стенду повинні відповідати вимогам розділу «Вказівки заходів безпеки» паспорта стенду і цієї ПМ1.

Стенд, на якому випробовується проточна частина насоса, його обладнання та засоби вимірювання повинні бути розміщені з урахуванням їх зручної і безпечної експлуатації, при необхідності повинні бути обладнані проходи, переходи та спеціальні місця, що забезпечують вільний доступ до обладнання та засобів вимірювання відповідно до норм на проектування промислових підприємств.

До роботи на стенді для проведення випробувань допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли необхідне навчання та інструктаж з безпеки праці при обслуговуванні трубопроводів і посудин, що працюють під тиском, які вивчили технічну документацію на випробувальний стенд, насос, а також обладнання, що входить до складу стенду.

Для забезпечення безпеки при проведенні випробувань необхідно враховувати наступні основні види небезпек відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 та джерела потенційної небезпеки:

– механічна небезпека:

а) гострі кромки, задирки на поверхнях деталей стенду, елементів проточної частини насоса та інструменту;

б) обертові частини стенду та рухливі частини виробничого обладнання;

в) викид назовні рідин під високим тиском у разі порушення герметичності стендових трубопроводів, що працюють під тиском;

г) втрата стійкості під час монтажу обладнання на стенді;

– електрична небезпека:

а) небезпека контакту з струмоведучими частинами під напругою;

– термічна небезпека:

а) підвищена температура поверхонь складових частин стенду (корпусу насоса, двигуна, тощо);

– вплив шуму:

а) підвищений шум в робочій зоні;

– вплив вібрації:

а) підвищений рівень вібрації в робочій зоні;

– небезпека, що виходить від матеріалів (середовищ):

а) попадання на шкірний покрив або слизові оболонки працюючих консерваційних мастил, розчинників;

– небезпека через порушення ергономічних вимог:

а) утруднений доступ до елементів проточної частини насоса, встановленого на стенді, приладів, огляд яких необхідний під час проведення випробувань;

а) неправильне розташування пристроїв, що включають (відключають) обладнання стенда, непримітність сигнального пофарбування, недостатня кількість застережних знаків на випробувальному стенді.

З метою забезпечення безпеки при проведенні випробувань, необхідно дотримуватися таких вимог:

– корпус і конструктивно-технологічні елементи випробувального устаткування, доступні для персоналу під час випробувань не повинні мати гострих кромek, гострих кутів або виступаючих частин, які можуть спричинити собою травмування;

– рухомі частини випробувального устаткування повинні мати захисне огороження.

Конструкція захисного огороження повинна бути досить жорсткою, щоб при випадковому дотику обслуговуючого персоналу воно не могло стикатися з рушійними елементами. Захисне огороження повинне бути знімним, що виключає з'єм без інструменту;

- після заповнення водою перед запуском корпусу (який є елементом проточної частини) насоса, що випробовується, повинна бути перевірена герметичність рознімних з'єднань стенду;
- перед проведенням випробувань всі електричні пристрої, що застосовуються в процесі випробувань, повинні бути заземлені;
- повинно бути зроблено огороження поверхонь насоса для захисту персоналу від опіку, якщо їх температура перевищує 45 °С;
- обслуговуючий персонал стенда повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту органів слуху від шуму;
- відведення зовнішньої витoku через кінцеве ущільнення насоса та злив, що перекачується під час спорожнення насоса повинні бути організовані в безнапірну ємність;
- обладнання робочих місць повинно виконуватися відповідно до вимог чинних стандартів, норм і правил щодо забезпечення безпеки при виконанні кожного з видів робіт;
- установка кнопок індивідуального включення (відключення) стенду повинна бути за межами обладнання або в таких місцях, щоб виключити можливість випадкового натискання на них.

Увага: не допускається запуск і робота випробувального стенду:

- 1) при незаповненому корпусі насосу середовищем, що перекачується;
- 2) без підключення контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики;
- 3) без підключення двигуна до заземлюючих пристроїв.

При виникненні аварійної ситуації або виявленні несправності, які можуть призвести до аварії, стенд необхідно зупинити.

Стенд повинен бути негайно відключений у випадках:

- появи диму з підшипників електродвигуна;
- появи металевого шуму в проточній частині насоса;
- заклинюванні валу насоса;
- появи сильної течі через торцеве ущільнення насоса.

Усунення виявлених неполадок в роботі стенду на місці установки елементів проточної частини насоса виконувати лише при зупиненому і відключеному від мережі двигуні.

Конструкція і розташування органів управління повинні виключати можливість самовільного включення стенду.

Органи відключення повинні мати написи про призначення, бути легко доступними для персоналу і виключати можливість несанкціонованого пуску.

Монтаж і демонтаж елементів проточної частини насоса, яка випробовується, повинен проводитися у відповідності зі схемами стропування, зазначеними на складальному кресленні.

Для усунення течі, виявленої при випробуваннях, необхідно відключити і від'єднати від мережі електродвигун, знизити тиск в системі стенду до атмосферного та зробити підтяжку з'єднань, що знаходяться під тиском.

Забезпечити на робочих місцях, призначених для проведення випробувань, дотримання санітарних норм і правил, у тому числі:

- освітленість на робочих місцях – відповідно до ДБН В.2.5-28-2018;
- допустимий рівень шуму на робочих місцях – відповідно до ДСН 3.3.6.037-99;
- допустимий рівень вібрації на робочих місцях – відповідно до ДСН 3.3.6.039-99.

Забезпечити робочі місця засобами пожежної безпеки та протипожежного захисту згідно НАПБ А.01.001-2014 і НАПБ Б.01.014-2007. Забезпечити дотримання вимог НПАОП 0.00-1.75-15 в частині правил переміщення вантажів.

#### 3.1.4 Визначувані показники (характеристики) та точність їх вимірювання

Показники (характеристики) проточної частини насоса, що визначаються при параметричних випробуваннях в номінальному режимі, наведені в таблиці 3.1.

Параметричним випробуванням на випробувальному стенді піддається проточна частина насоса.

Перед початком випробувань необхідно провести візуальний огляд стенду, для чого забезпечити (за потреби із застосуванням допоміжного освітлення) освітленість місця огляду щонайменше 160 лк.

Таблиця 3.1 – Показники (характеристики) насоса в номінальному режимі

Найменування показника	Значення показника
Подача м <sup>3</sup> /год, (м <sup>3</sup> /с)	45 (0,33)
Напір, м	54
Частота обертання, с <sup>-1</sup> (об/хв)	2940
Коефіцієнт корисної дії ККД, %	52
Висота самовсмоктування на холодній воді, м	4
<p>Примітки:</p> <p>1 Допустимі виробничі відхилення по напору від плюс 5% до мінус 3% від номінального значення.</p> <p>2 Допустимі виробничі відхилення по ККД: верхнє – не обмежується, нижнє – мінус 3%.</p>	

При підготовці проточної частини насоса до випробувань необхідно виконати наступне:

– ознайомитися з документами, пред'явленими комісії до початку випробувань:

- 1) технічне завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ;
  - 2) комплект конструкторської документації НЕЦ.150111-01.98.000.00;
  - 3) ця програма та методика випробувань;
- підготувати двигун відповідно до вимог експлуатаційної документації;
- перевірити правильність обертання валу двигуна;
- провести зовнішній огляд стенда та елементів проточної частини насоса, переконатися в готовності їх до випробувань (в тому числі проконтролювати наявність і надійність закріплення кришки коробки виводів кабелів і заземлення двигуна);



- перевірити установку та стан засобів вимірювальної техніки на відповідність їх вимогам цієї програми та повірки в установленому порядку;
- заповнити трубопроводи стенда та корпус насоса водою;
- перевірити відсутність течі через роз'ємні з'єднання корпусу насоса та стенда.

До початку випробувань записати в протокол наступні відомості:

- заводський номер (маршрутний лист) та рік випуску елементів проточної частини насоса;
- дату та місце проведення випробувань;
- найменування, номери, межі вимірювань та дати повірок засобів вимірювальної техніки;
- температуру води;
- атмосферний тиск;
- прізвища та посади осіб, які проводять випробування.

Перед початком проведення випробувань згідно ДСТУ 6134:2009 елементи проточної частини насоса повинні бути піддані обкатуванню, під час якого перевіряється їх готовність до проведення випробувань.

Підготовку до пуску та пуск стенду проводити в наступній послідовності:

- закрити засувку на напірному трубопроводі;
- відкрити засувку на входному трубопроводі, заповнити систему водою;
- видалити повітря з імпульсних трубок підключення манометрів і витратомірного пристрою;
- запустити стенд;
- плавно відкриваючи засувку на напірному трубопроводі досягти величини продуктивності, що знаходиться в робочому інтервалі. Час роботи на закриту засувку – не більше 1 хвилини;
- перевірити працездатність засобів КВП і А.

Елементи проточної частини насоса піддаються обкатуванню в межах робочого інтервалу продуктивності на режимах при номінальній частоті

обертання або близькою до неї, протягом часу, необхідного для стабілізації температури підшипників.

При обкатуванні проводиться технічний огляд і перевіряються:

- зовнішня герметичність корпусу насоса і стенду (візуально);
- робота контрольно-вимірювальних приладів.

Проточна частина насоса піддається параметричним випробуванням.

Під час випробувань проточної частини насоса повинні визначатися наступні характеристики:

- напірна;
- енергетична.

Також повинні бути проведені випробування проточної частини насоса на самовисмоктування.

При цьому повинні бути проконтрольовані на номінальному режимі (з відхиленням по продуктивності не більше  $\pm 3\%$ ) наступні показники:

- подача;
- напір;
- частота обертання;
- час самовсмоктування з глибини 4 м.

Напірна та енергетична характеристики визначаються за методикою розділу 13.1.4 ДСТУ 6134:2009 в інтервалі продуктивності на режимах від 0,0083 до 0,0167 м<sup>3</sup>/с (від 30 до 60 м<sup>3</sup>/год) при тиску на вході в насос, що виключає вплив кавітації на результати випробувань на всіх режимах.

Загальна кількість режимів продуктивності, при яких проводяться вимірювання, має бути не менше 10, рівномірно розподілених по всьому інтервалу продуктивності, з обов'язковим включенням номінальної продуктивності 0,0125 м<sup>3</sup>/с (45 м<sup>3</sup>/год) (з відхиленням не більше  $\pm 3\%$ ).

Значення продуктивності на сусідніх режимах в робочому інтервалі повинні відрізнятися не більше ніж на 12% від номінальної продуктивності.

На кожному режимі повинні вимірюватися і заноситися до протоколу наступні показники:

- частота обертання;
- подача;
- тиск на вході в насос;
- тиск на виході з насоса;
- температура води;
- споживана електрична потужність.

Результати вважаються позитивними, якщо в цей період не відбулися конструктивні і виробничі відмови та протікання рідини, а контрольовані параметри відповідали технічному завданню НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ.

За рішенням комісії, при необхідності, допускається зміна послідовності визначення характеристик і контролю показників проточної частини насоса при проведенні випробувань.

При необхідності допускається проведення доопрацювання елементів проточної частини насоса, з метою забезпечення її заданих параметрів.

Після завершення випробувань проводяться розбирання стенду з метою визначення стану проточних частин насоса (ревізія).

Якщо в результаті візуального контролю не виявлено пошкоджень і зносу проточних частин насоса, то засоби вимірювальної техніки допускається не застосовувати.

### 3.1.5 Способи обробки, аналізу, оцінки і оформлення результатів випробувань

Подача, що вимірюється  $Q_{и}$ , м<sup>3</sup>/с, визначається за формулою:

$$Q_{и} = K \cdot \sqrt{\Delta p} , \quad (3.1)$$

де:  $K$  – коефіцієнт звужуючого пристрою;

$\Delta p$  – показання диференціального манометра, кгс/см<sup>2</sup>.

Напір, що вимірюється  $N_{и}$ , м, визначається за формулою:

$$N_{и} = 0.102 \frac{p_{M2} - p_{M1}}{\rho_{и}} + 0,0827 Q_{и}^2 \left( \frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + (Z_{M2} - Z_{M1}) \quad (3.2)$$

де:  $p_{M1}$  і  $p_{M2}$  – показання приладів вимірювання тиску рідини відповідно на вході та виході з установки, Па;

$d_1$  и  $d_2$  – внутрішній діаметр трубопроводу в мірному перетині відповідно на лінії підводу та відводу від установки, м;

$Z_{M1}$  и  $Z_{M2}$  – вертикальна відмітка положення приладу для вимірювання тиску в мірних перетинах (відповідно на вході та виході з установки) щодо базової площини, м;

$\rho_{и}$  – щільність рідини, що перекачується при випробуваннях, кг/м<sup>3</sup>.

Потужність, що вимірюється  $N_{и}$ , кВт, визначається за формулою:

$$N_{и} = N_c \cdot \eta_{дв}, \quad (3.3)$$

де  $N_c$  – потужність, споживана двигуном з мережі, кВт;

$\eta_{дв}$  – коефіцієнт корисної дії двигуна за індивідуальною характеристикою, %.

Значення потужності  $N_c$ , кВт, споживаної з мережі, визначається за формулою:

$$N_c = K_w (W_1 + W_2 + W_3), \quad (3.4)$$

де  $K_w$  – коефіцієнт трансформації ватметра;

W1, W2, W3 – показання ватметра для кожної вимірюваної фази (в розподілах).

Коефіцієнт корисної дії  $\eta_{\text{инас}}$ , %:

$$\eta_{\text{инас}} = 0,981 \cdot \frac{\rho_{\text{и}} \cdot Q_{\text{и}} \cdot H_{\text{и}}}{N_{\text{и}}} \quad (3.5)$$

де  $\eta_{\text{инас}}$  – коефіцієнт корисної дії установки при випробуванні для відповідного режиму, %;

$N_{\text{и}}$  – потужність, споживана установкою в відповідному режимі, кВт.

Отримані в результаті проведених випробувань значення параметрів проточних частин насоса повинні бути приведені до номінальної частоти обертання (числу оборотів  $n_{\text{и}}$ ), а потужність – додатково до номінальної щільності ( $\rho_{\text{и}}$ ), за формулами:

$$\text{Продуктивність} - Q = Q_{\text{и}} \cdot \frac{n_{\text{и}}}{n_{\text{и}}} ; \quad (3.6)$$

$$\text{Напір} - H = H_{\text{и}} \left( \frac{n_{\text{и}}}{n_{\text{и}}} \right)^2 ; \quad (3.7)$$

$$\text{Потужність} - N = N_{\text{и}} \left( \frac{n_{\text{и}}}{n_{\text{и}}} \right)^3 \left( \frac{\rho_{\text{и}}}{\rho_{\text{и}}} \right) ; \quad (3.8)$$

Коефіцієнт корисної дії –  $\eta = \eta_{\text{и}}$  ;

де  $n_{\text{и}}$  – частота обертання насоса, виміряна при випробуваннях, об/хв;

$n_{\text{и}}$  – задана частота обертання насоса, об/хв;

$\rho_{\text{и}}$  – задана щільність, кг/м<sup>3</sup>.

Аналіз, оцінка та оформлення результатів випробувань проточних частин насоса проводиться відповідно до ДСТУ ГОСТ 6134:2009.

Результати вимірювань та розрахунків параметрів повинні бути оформлені протоколом випробувань, який повинні містити:

- дату та місце проведення випробувань, вид випробувань;
- позначення, рік випуску, заводський номер (маршрутний лист) проточних частин насоса та найменування підприємства-виробника;
- дані про середовище, яке перекачується;
- результати безпосередніх вимірів величин із зазначенням всіх впроваджуваних поправок;
- результати розрахунків параметрів проточних частин насоса, приведених до номінальних умов;
- перелік засобів вимірювальної техніки, використаних при випробуваннях, із зазначенням заводських номерів та класів точності;
- найменування та позначення програми та методики випробувань;
- найменування та позначення стенда;
- характеристики, побудовані за результатами проведених випробувань і приведені до номінальної частоти обертання.

Протоколи підписуються керівником і членами комісії, що проводила випробування.

Проточна частина насоса вважається такою, що задовольняє вимогам технічної документації, якщо виконуються наступні умови:

- обсяг випробувань повністю відповідає вимогам цієї ПМ1;
- значення всіх параметрів, отриманих в результаті проведених випробувань, знаходиться в допустимих межах встановлених у технічній документації у вигляді числових значень та вимог до форми характеристик;
- похибки визначення параметрів не перевищують граничних значень, встановлених ДСТУ 6134:2009;
- при ревізії не виявлено руйнувань, зносу, дефектів проточної частини насоса (допускаються тільки сліди припрацювання на робочих поверхнях).

Результати приймальних випробувань проточної частини насоса оформляються протоколом з додатком результатів випробувань і розрахунків.

На підставі розгляду одержаних матеріалів випробування складається протокол випробувань, в якому зазначається відповідність виготовлених макетів елементів проточної частини насоса встановленим вимогам та рекомендації щодо її виробництва.

Правила зберігання та розсилки звітних документів – відповідно до чинних стандартів підприємства, виходячи з терміну зберігання документів 50 років.

Схема випробувального стенда наведено на рисунку 3.1. Перелік засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) наведено у таблиці 3.2

Протокол випробувань наведений у додатку Б, фото елементів макету проточної частини наведено у додатку В.

На рисунку 3.2 наведено зведенені напірні й енергетичні характеристики розроблюваного насосу НВСА 45-54, одержані розрахунковим та експериментальним шляхом і його прототипу ХВС 45/54-К-СД.





Подача	Лічильник води ультразвуковий ДСТУ EN ISO 4064- 1:2018	0,5	0	1000 м <sup>3</sup>
Тиск на вході	Манометр ДМ ДСТУ EN 837- 1:2004	0,4	0	2 кгс/см <sup>2</sup>
	Вакуумметр ДВ ДСТУ EN 837-1:2004	0,4	-1 кгс/см <sup>2</sup>	0
Тиск на виході	Манометр ДМ ДСТУ EN 837- 1:2004	0,4	0	6 кгс/см <sup>2</sup>
Потужність електрична	Комплект вимірювальний К 505	0,5	0	600А, 600В
Частота обертання	Тахометр ДСТУ ГОСТ 21339:2009	0,2	150 об/хв	30000 об/хв
Температура	Міст КСМ2-069	0,5	0	150 °С
Примітка: заводські номери ЗВТ та дати їх перевірки вказуються в протоколах випробувань				

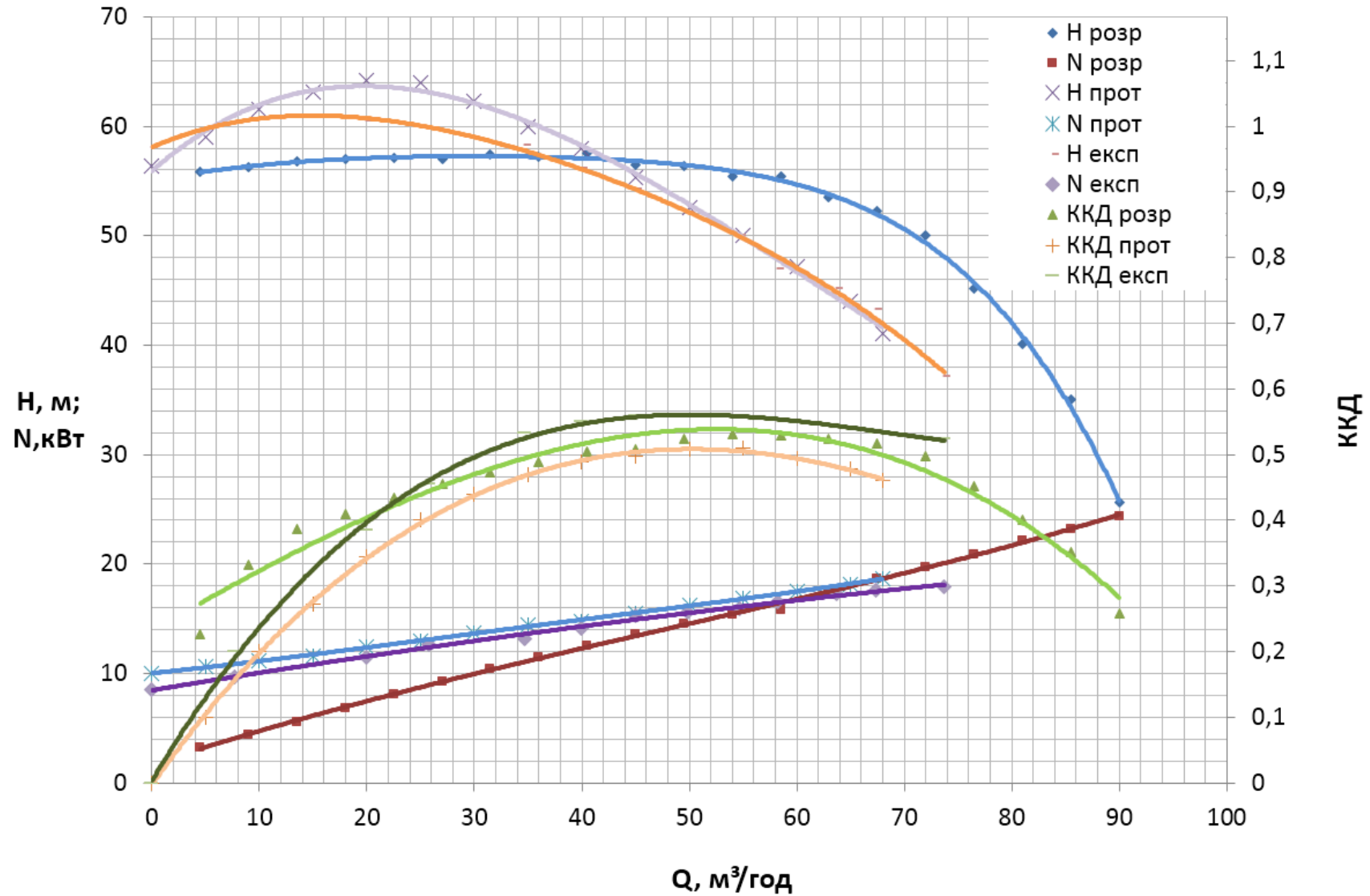


Рисунок 3.2 – Розрахункові та експериментальні характеристики насоса  
НВСА 45-54 і прототипу ХВС 45/54-К-СД

Аналізуючи факт розбіжності показників розрахункових та експериментальних інтегральних характеристик насоса НВСА 45-54, можна припустити, що найбільш імовірною причиною зазначеної поведінки кривих є розбіжність між геометричною моделлю проточної частини, використаних при розрахунках та реально виготовлених. Особливо це стосується форми вхідних і вихідних кромek, шорсткості проточної частини тощо. При цьому можна говорити, що наявна розбіжність отриманих результатів не перевищує 5% і є допустимою.

### **3.2 Насосний агрегат АНВСА 45-54. Паспорт**

#### **3.2.1 Основні відомості про агрегат**

Насосний агрегат АНВСА 45-54 виготовляється за технічним завданням НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ. Паспорт насосного агрегата – НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПС. Агрегат АНВСА 45-54 (ідентифікатор TZ00D01,02) є елементом системи спецканалізації (TZ) та призначений для відкачки трапних вод з бака на спецкорпус для їхньої подальшої переробки. Режим роботи агрегату – періодичний.

Агрегат встановлюється у приміщенні у приміщенні А031/2 и А031/1 зони суворого режиму реакторного відділення, на відмітці -4,200 м.

Агрегат, включаючи електродвигун (далі – двигун), що входить до його складу, повинні відноситися до обладнання класу безпеки 3 (класифікаційне позначення – 3Н) згідно НП 306.2.141-2008. Група обладнання – С згідно НП 306.2.227-2020.

Складальні одиниці і деталі, що відносяться до корпусу насоса, повинні відповідати вимогам НП 306.2.227-2020, СОУ НАЕК 158:2020, СОУ НАЕК 159:2020, СОУ НАЕК 160:2020 і ПНАЭ Г-7-002-86.

Агрегат повинен відноситися до категорія сейсмостійкості II згідно НП 306.2.208-2016 та повинен зберігати працездатність після проходження землетрусу інтенсивністю до проектного землетрусу (ПЗ) включно.

Група умов експлуатації агрегату – Е1.2 (приміщення технологічного устаткування), група умов розміщення агрегату – Р3.1 (на будівельних конструкціях) згідно СОУ НАЕК 100:2016.

Категорія приміщення по вибухонебезпечності та пожежною небезпекою, в якій встановлюються агрегати – «Д» відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Агрегати не призначені для експлуатації у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних виробництвах відповідно до «Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)».

Умовне позначення агрегатів АНВСА 45-54 К(Е),

де А – відмітний індекс агрегату;

насос НВСА 45-54 К(Е)

де: Н – насос;

В – відцентровий;

С – самовсмоктуючий;

А – для АЕС;

45 – номінальна подача базового насоса, м<sup>3</sup>/год;

90 – напір базового насоса при номінальній подачі, м;

К, Е – матеріал проточних частин насоса (К – сталь 08Х18Н10Т, Е – сталь 10Х17Н13М2Т).

### 3.2.2 Основні технічні дані

Показники агрегатів спецканалізації по середовищу, яке перекачується насосом НВСА 45-54 повинні відповідати зазначеним у таблиці 3.3.

Діагностичні показники трапних вод наведені в таблиці 3.4. Показники агрегату по споживаним середовищам повинні відповідати зазначеним у таблиці 3.5.

Показники насоса (агрегатів) в номінальному режимі роботи повинні відповідати зазначеним в таблиці 3.6. Показники технічної та енергетичної ефективності насоса (агрегату) в номінальному режимі роботи повинні відповідати зазначеним у таблиці 3.7.

Таблиця 3.3 – Показники середовища, яке перекачується насосом НВСА 45-54

Середовище	Найменування показника	Величина показника
Трапні води	Робоча температура на вході в насос, °С	40 – 80
	Температура розрахункова, °С	90 <sup>1)</sup>
	Щільність, кг/м <sup>3</sup> , не більше	1800
	Максимальна активність, Бк/м <sup>3</sup>	3,7·10 <sup>8</sup>
	Водневий показник, рН	5 – 12
	Кінематична в'язкість, м <sup>2</sup> /с	30·10 <sup>-6</sup>
<sup>1)</sup> Розрахункова температура використовується для вибору механічних властивостей матеріалів при розрахунку на міцність деталей корпусу насоса.		

Конструктивні показники насоса (агрегату) повинні відповідати зазначеним в таблиці 3.8. Надійність насоса і двигуна повинна характеризуватися величинами показників надійності, зазначеними в таблиці 3.9.

Показники агрегатів по споживаним середовищам повинні відповідати зазначеним у таблиці 3.10.

Таблиця 3.4 – Діагностичні показники середовища, що перекачується насосом НВСА 45-54

Показник середовища	Значення показника
Концентрація хлорид-іонів, мг/л, не більше	100
Лужність карбонатна, мг екв/кг, не більше	100
Лужність бікарбонатна, мг екв/кг, не більше	5,0
Лужність гідратна, мг екв/кг, не більше	5,0

Таблиця 3.5 – Показники агрегату по споживаним середовищам

Призначення і найменування середовища	Показник	Значення показника
Технічна або знесолена вода для охолодження (замикання) ущільнення	Подача, м <sup>3</sup> /год	0,005 – 0,010
	Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,098 – 0,590 (1 – 6)
	Температура, °С	5 – 33
Для змащення підшипників насоса – мастило пластичне <sup>1)</sup>	Об'єм на одну заправку, м <sup>3</sup> (л)	
Для змащення підшипників двигуна – мастило пластичне <sup>2)</sup>	Об'єм на одну заправку, м <sup>3</sup> (л)	
<sup>1)</sup> Тип мастила і маса на одну заправку уточнюється при розробці робочої документації. <sup>2)</sup> Тип мастила і маса на одну заправку визначаються технічною документацією на двигун.		

Таблиця 3.6 – Показники насосів в номінальному режимі

Найменування показника	Значення показника
Подача, м <sup>3</sup> /год (м <sup>3</sup> /с)	45 (0,33)
Напір, м	54
Частота обертання, с <sup>-1</sup> (об/хв)	2940
Потужність, кВт	
– насоса	23,0 <sup>1)</sup>
– агрегату	25,1 <sup>1)</sup>
Максимальна потужність, кВт	
– насоса	27,7 <sup>1)</sup>
– агрегату	30,3 <sup>1)</sup>

1) Значення наведено при густині рідини  $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$ .

Примітки:

1 Допустимі виробничі відхилення по напору від плюс 5% до мінус 5% від номінального значення.

2 Зниження напору насоса після вироблення середнього ресурсу до капітального ремонту – не більше 2%.

3 Максимальні потужності визначені при максимальній подачі робочого інтервалу характеристик з урахуванням допустимих виробничих відхилень по напору (плюс 5%) і ККД насоса (мінус 3%).

4 Показники потужності, максимальної потужності насоса та агрегату, максимального тиску на виході не є здавальними при випробуваннях.

5 Розрахунковий тиск на міцність корпусу насоса – 0,64 МПа (6,5 кгс/см<sup>2</sup>).

6 Тиск гідравлічних випробувань корпусу насоса – 0,82 МПа (8,4 кгс/см<sup>2</sup>).

Таблиця 3.7 – Показники ефективності

Найменування показника	Значення показника
Коефіцієнт корисної дії ККД, %	
– насоса	52
– агрегату	46,8
Допустимий кавітаційний запас, м	2,5
Примітки:	
1 Допустимі виробничі відхилення по ККД. насоса: верхнє – не обмежується, нижнє – мінус 3%.	
2. Зниження ККД насоса після вироблення середнього ресурсу до капітального ремонту – не більше 2%.	

Таблиця 3.8 – Конструктивні показники

Найменування показника	Величина показника
Маса, кг	
– насоса	475 <sup>1)</sup>
– агрегату	600 <sup>1)</sup>
Габарити (довжина × ширина × висота), мм	Згідно з додатком З
<sup>1)</sup> Уточняється при випробуванні першого насоса (агрегату). Примітки: 1. Допуск на масу: верхнє відхилення плюс 5 %, нижнє – не обмежується. 2. Допуск на габаритні розміри насоса ± 50 мм, агрегату – ± 100 мм.	

Таблиця 3.9 – Показники надійності насоса

Найменування показника	Величина показника
Строк служби насоса, років, не менше	30 <sup>1)</sup>
Призначений строк служби корпусних деталей, років, не менше	30 <sup>1)</sup>
Призначений строк служби виймальних частин та комплектуючих виробів, років, не менше	10 <sup>1)</sup>
Середнє напрацювання на відмову, год, не менше	15 000
Середній ресурс до капітального ремонту, год, не менше	45 000
Коефіцієнт готовності, не менше	0,992
Експлуатаційний ресурс між капітальними ремонтами (міжремонтний інтервал), років, не менше	4



Функціонування без обслуговування і ремонту, годин, не менше	10 000
<p><sup>1)</sup> За умови виконання вимог по заміні частин з меншими строками служби, викладеними в експлуатаційній документації.</p> <p>Примітка – Величини показників надійності забезпечуються за умови проведення споживачем технічного обслуговування і ремонту згідно з вимогами експлуатаційної документації, що поставляється разом з насосом.</p>	

Критеріями відмови при нормальних умовах експлуатації агрегату є:

– для насоса:

- а) температура підшипників понад 90 °С;
- б) вібрація на кронштейні в зоні розташування підшипникових опор в робочому інтервалі подач понад 11,2 мм/с;
- в) невиконання основної функції;
- г) заклинювання рухомих частин;
- д) руйнування і/або втрата щільності матеріалу деталей, що знаходяться під тиском середовища, яке перекачується;

порушення герметичності фланцевих з'єднань, яке неможливо усунути додатковою підтяжкою кріпильних з'єднань;

– для двигуна:

- а) вібрація підшипникових опор при роботі насоса в робочому інтервалі подач більш 7,1 мм/с;
- б) температура підшипників понад 95 °С;
- в) вихід з ладу обмотки статора і (або) підшипників;
- г) відмова на запуск;
- д) заклинювання рухомих частин.

Критерієм граничного стану для виведення насоса в капітальний ремонт є вироблення ресурсу рівного 0,9 від величини середнього ресурсу до капітального ремонту.

Критеріями граничного стану, при якому подальша експлуатація насоса неможлива і недоцільна, є:

– втрата герметичності корпусом і / або кришкою напірної по відношенню до зовнішньої середовищі, яка не може бути усунена при капітальному ремонті насоса;

– вироблення корпусними деталями насоса терміну служби, рівного призначеного терміну служби (більше 30 років).

Таблиця 3.10 – Показники агрегатів по споживаним середовищам

Призначення і найменування середовища	Показник	Значення показника
Технічна або знесолена вода для охолодження (замикання) ущільнення	Подача, м <sup>3</sup> /год	0,005 – 0,010
	Тиск, Мпа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,098 – 0,590 (1 – 6)
	Температура, °С	5 – 33
Для змащення підшипників насоса – мастило пластичне <sup>1)</sup>	Об'єм на одну заправку, м <sup>3</sup> (л)	
Для змащення підшипників двигуна – мастило пластичне <sup>2)</sup>	Об'єм на одну заправку, м <sup>3</sup> (л)	
<sup>1)</sup> Тип мастила і маса на одну заправку уточнюється при розробці робочої документації. <sup>2)</sup> Тип мастила і маса на одну заправку визначаються технічною документацією на двигун.		

Насоси, за умови виконання замовником вимог керівництва з їх експлуатації, технологічного регламенту АЕС та, відповідно, недопущенням завдяки їх порушенню до передчасного настання критеріїв граничного стану насосних агрегатів та критеріїв їх відмови, повинні забезпечувати тривалу експлуатацію в робочому інтервалі подач від 0,0083 до 0,0167 м<sup>3</sup>/с (від 30 до 60 м<sup>3</sup>/год), що, відповідно, означає, якщо вони будуть експлуатуватися відповідно до зазначених умов та вимог з експлуатації та технічного обслуговування в

робочому інтервалі подач, то тривалість їх експлуатації буде відповідати показникам надійності зазначеним в таблиці 3.9.

Напірна характеристика повинна бути стабільною, при збільшенні подачі напір насоса повинен постійно знижуватися. Вібраційна технічна характеристика – середнє квадратичне значення віброшвидкості, виміряне на кронштейні насоса на номінальному режимі – не більше 4,5 мм/с, а в робочому інтервалі подач – не більше 7,1 мм/с.

Шумова технічна характеристика насоса – еквівалентний рівень звукового тиску середній рівень звуку на відстані 1 м від контуру агрегату при роботі на номінальному режимі повинен бути не більше 90 дБА. Шумова і вібраційна технічні характеристики двигуна – у відповідності до технічної документації на його поставку.

### 3.2.3 Комплектність

Комплектність постачання насосного агрегату наведена у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Комплектність постачання насосного агрегату

Позначення виробу	Найменування виробу	Кількість	Заводський номер	При-мітка
Складові частини агрегату				
НЕЦ.150111-01.05.000.00	Насосний агрегат АНВСА 45-54 в сборі			
Запасні частини та інструмент				
НЕЦ.150111-01.05.030.00	Комплект запасних частин			
Експлуатаційна та технічна документація				
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ВЕ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Відомість експлуатаційних документів			

Позначення виробу	Найменування виробу	Кіль- кість	Заводський номер	При- мітка
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 ІЕ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Інструкція з експлуатації	3		
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 Д1	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Завдання на фундамент	на		
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 ГЗ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Схема гідравлічна принципова			
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 І	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Інструкція з консервації, пакування, транспортуван-ня і зберігання	3		
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 ЗІ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Відомість запасних частин			
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 ПС	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Паспорт			
НЕЦ.150111- 01.05.000.00 В	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Виписка з розрахунків на міцність і сейсмостійкість	і		

### 3.2.4 Ресурси, терміни служби та зберігання

Призначений ресурс до капітального ремонту не менше 8 років (на гумотехнічні та швидко зношуються деталі – не більше 5 років).

Агрегат повинен допускати 1500 пусків за весь термін експлуатації.

Корпус насоса допускає проведення 13 гідровипробувань та 25 затягів кріпильних деталей за весь термін служби. Термін зберігання агрегату в упаковці підприємства-виробника з урахуванням часу транспортування – 3 роки. Призначений ресурс до капітального ремонту та термін зберігання дійсні за дотримання споживачем вимог експлуатаційної документації.

### 3.2.5 Консервація, пакування і приймання

Вказівки з консервації, розконсервації та переконсервації насоса та комплектів та виробів, що входять до обсягу його поставки, викладені в «Інструкції з консервації, пакування, транспортування і зберігання» (п.3.4).

Відомості про виконані роботи з консервації, розконсервації та переконсервації вносяться до таблиці 3.12.

Перший запис проводиться на підприємстві-виробнику насоса, і цей запис є свідоцтвом про консервацію насоса та комплектів і виробів, що входять в обсяг його поставки. Подальші записи вносяться персоналом АЕС.

Таблиця 3.12 – Відомості про виконані роботи з консервації, розконсервації та переконсервації

Дата	Найменування роботи	Строк дії, роки	Посада, прізвище, підпис
	Консервування насоса	3	
	Консервування комплекта запасних частин	5	

Приклад бланку свідотства про пакування наведено на рисунку 3.3.

Насосний агрегат АНВСА 45-54 заводський № ____		
запакований _____		
(найменування виробника)		
відповідно до вимог, передбачених у чинній технічній документації		
_____	_____	_____
(посада)	(особистий підпис)	(розшифровка підпису)
_____		
(рік, місяць, число)		

Рисунок 3.3 – Свідотство про пакування

Насосний агрегат АНВСА 45-54 виготовляється та приймається відповідно до вимог чинних нормативних документів, технічної документації, технічного завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ, договору (контракту) та визнається придатним для експлуатації.

Гарантійний термін на насосний агрегат 24 (двадцять чотири) місяці з дня введення в експлуатацію, але не більше 36 (тридцять шість) місяців з дня відвантаження з підприємства-виробника, якщо інше не обумовлено договором (контрактом) на постачання.

### 3.2.6 Нотатки з експлуатації та зберігання

На час транспортування та зберігання агрегат та комплекти та вироби, що входять до обсягу його поставки, на підприємстві-виробнику законсервовані та упаковані відповідно до інструкції НЕЦ.150111-01.05.000.00 І.

Умови зберігання в упаковці підприємства-виробника – відповідно до інструкції НЕЦ.150111-01.05.000.00 І.

Термін зберігання складових частин агрегату – не менше трьох років, комплекту запасних частин – не менше п'яти років.

При зберіганні агрегату та комплектуючих виробів понад термін дії консервації необхідно виконати їх переконсервацію згідно з інструкцією НЕЦ.150111-01.05.000.00 I та експлуатаційною документацією на комплектуючі.

Підготовка до монтажу, монтаж та налагодження, технічне обслуговування, експлуатація агрегату повинні проводитись відповідно до експлуатаційної документації агрегату та його комплектуючих виробів.

Монтаж та налагодження агрегату повинні проводитися відповідно до вимог інструкції з експлуатації НЕЦ.150111-01.05.000.00 ІЕ, в якій містяться також вимоги до технічного обслуговування, правильної та безпечної експлуатації агрегату.

Під час експлуатації агрегат повинен піддаватися поточним та капітальним ремонтам.

Поточні ремонти проводяться згідно з вказівками «Інструкції з експлуатації» НЕЦ.150111-01.05.000.00 ІЕ, капітальні ремонти – за документацією, що окремо розробляється згідно з ДСТУ 2.602-95.

### **3.3 Інструкція з експлуатації**

Інструкція з експлуатації (далі по тексту – ІЕ (НЕЦ.150111-01.05.000.00 ІЕ)) містить відомості про конструкцію, характеристики насосного агрегату АНВСА 45-54 (далі по тексту – агрегат), а також відомості необхідні для монтажу, пуску, налагодження, обкатування, здавання в експлуатацію, правильної та безпечної експлуатації (використання за призначенням, технічним обслуговуванням, поточним ремонтом, зберіганням та транспортуванням) на місці його застосування.

Експлуатаційна документація на покупні вироби, що входять до складу агрегату, поставляється підприємствами-виробниками в номенклатурі, що відповідає вимогам нормативної документації на них, у вигляді окремих документів.

Підприємство-виробник не несе відповідальності за неполадки та пошкодження агрегату, що відбулися через недотримання вимог цьої ІЕ та вимог експлуатаційних документів на покупні вироби.

### 3.3.1 Склад агрегату

Агрегат складається із складальних одиниць, зазначених у таблиці 3.13.

У об'єм поставки агрегату входять також комплект запасних частин та комплект документації, необхідної для виконання монтажу, налагодження, правильної та безпечної експлуатації агрегату. Детально комплект поставки наведено у паспорті НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПС (п. 3.2).

Таблиця 3.13 – Складові частини агрегату

Поз. по кр. НЕЦ.150111- 01.05.000.00 МК	Найменування складальної одиниці	Позначення складальної одиниці	Кіль- кість
1	Насос НВСА 45-54	НЕЦ.150111-01.05.001.00	1
20	Двигун 4А180М2		1

Насос 1 (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.000.00 МК) встановлюється на фундамент вертикально. На насос 1 зверху встановлюється двигун 20. Вали насоса та двигуна з'єднані між собою втулочно пальцевою муфтою.

Насос у складі агрегату (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК) – відцентровий, вертикальний, одноступінчастий, консольний.

Принцип роботи насоса полягає в перетворенні механічної енергії, що підводиться до нього, від зовнішнього джерела (двигуна) в гідравлічну енергію потоку рідини.

Робоча рідина з бака 1 через вхідний конус 6 засмоктується робочим колесом ротора 9. В результаті взаємодії лопатей робочого колеса з потоком рідини відбувається перетворення механічної енергії приводу в гідравлічну



енергію потоку рідини. Таким чином з робочого колеса рідина надходить у напірний патрубок, призначення якого – забезпечення відведення рідини напірний трубопровід. При цьому у всмоктувальному трубопроводі утворюється вакуум і рідина з напрямка самовсмоктується і потрапляє в бак 1.

Статорну частину насоса (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК) складають корпус 18, корпус імпелера 19, накривка імпелера 5, кронштейн 3, ліхтар 17, нерухомі елементи ущільнення торцевого 75.

Корпус є лита конструкція: до основної деталі – корпусу кріпиться бак, а також кронштейн та ліхтар. Фланці корпусу направлені горизонтально.

Корпус імпелеру литий. В корпусі імпелеру встановлено торцеве ущільнення 75. До корпусу імпелера кріпиться труба імпелера 7. Корпус імпелера кріпиться до корпусу 18 шпильками 31 і гайками 28.

Кронштейн 3 литий. У ньому встановлені опори ротора Кронштейн має вікна для обслуговування торцевого ущільнення. Кронштейн 3 кріпиться до корпусу імпелера 19.

Опорами ротора (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.005.00 СК) служать підшипники кочення 24 і 25. Підшипник 24 служить для сприйняття радіального навантаження, а підшипники 25 – для сприйняття радіального та осевого навантажень. Підшипники змащуються консистентним мастилом.

Ротор насоса (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.011.00 СК) включає робоче колесо 1, імпелер 2 закріплені на валу 1 за допомогою гайки обтічника 3, стопорної шайби 4 та стандартної шпонки, а також напівмуфту.

Ротор у зборі балансується динамічно. Напрямок обертання ротора проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку двигуна.

Ущільнення валу призначене для обмеження витoku рідини, що перекачується в місцях виходу валу з корпусу імпелера і являє собою одинарне торцеве ущільнення. Торцеве ущільнення – покупне устанавлюється згідно із своєю документацією.

Ущільнення торцеве накрито накривкою ущільнення 4. (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК). У накривку ущільнення подається запорна рідина

яка запобігає підсмоктуванню повітря в процесі самовсмоктуванні, а також вихід витоків з ущільнення в навколишнє середовище.

У якості привода насоса застосований двигун асинхронний 4A180M2 потужністю 30 кВт, напругою 380 В, частотою обертання 2970 об/хв при частоті струму в мережі 50 Гц. Конструкція, технічні характеристики, правила монтажу, налагодження та експлуатації двигуна викладені в експлуатаційній документації, що постачається з двигуном.

Корпус насоса має приливи та отвори для встановлення агрегату на фундамент. До фундаменту насос кріпиться фундаментними болтами М 24.

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється за допомогою втулично-пальцевою муфти (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК).

Муфта (див. кресл. НЕЦ.150111-01.05.012.00 СК) складається з чотирьох основних елементів – двох напівмуфт 1, 2, жорстко закріплених валах насоса і двигуна, польців 3 та упругих гумових кілець 20.

На ліхтарі насоса прикріплена табличка, яка містить:

- товарний знак чи найменування підприємства – виробника;
- умовне позначення агрегату;
- подачу, напір, частоту обертання агрегату;
- масу агрегату;
- рік випуску;
- напис «Виготовлено в Україні»;
- тавро служби технічного контролю.

На корпусі насоса в ударний спосіб позначено порядковий номер насоса.

На ліхтарі насоса прикріплена стрілка, що вказує напрямок обертання ротора.

Запасні частини, що входять до комплекту постачання агрегату, мають маркування (або обладнані бирками) з позначенням кресленника.

Маркування двигуна та інших комплектуючих агрегат покупних виробів виконано відповідно до вимог технічної документації підприємств-виробників.

Щоб оберігати від механічних пошкоджень, атмосферних впливів, забезпечити збереження агрегату та комплектів, які входять в обсяг його постачання, виробів та технічної документації на період транспортування та зберігання на підприємстві-виробнику проведена їх консервація та упаковка.

Консервація та упаковка виконані відповідно до Інструкції з консервації, пакування, транспортування та зберігання НЕЦ.150111-01.05.000.00 I (п. 3.4).

Інструкція входить до комплексу поставки агрегату і містить відомості про варіанти протикорозійного захисту та внутрішньої упаковки, а також застосовуваних при цьому матеріалах.

### 3.3.2 Вказівки з монтажу, пуску та обкатування агрегату

При роботі та обслуговуванні насосного агрегату небезпечними та шкідливими виробничими факторами можуть бути:

- ураження електричним струмом;
- елементи роторів насоса, двигуна та муфти, що обертаються;
- підвищений рівень шуму та вібрації.

Джерела небезпеки:

- електричний струм, що підводиться для живлення двигуна;
- ідкриті частини обертового валу насоса та двигуна;
- муфта пружна;
- шум і вібрація, що збуджуються працюючим агрегатом.

До монтажу агрегату повинен допускатися кваліфікований персонал, який має досвід з монтажу насосного обладнання, знає діючі правила, норми та інструкції з безпеки виконання робіт і ознайомлений з цією інструкцією з експлуатації.

При переміщеннях агрегат і його складові частини стропувати відповідно до вказівок у документації:

- агрегат – згідно з крес. НЕЦ.150111-01.05.000.00 МК;
- насос – згідно з крес. НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК;
- двигун – згідно з експлуатаційною документацією, що поставляється з двигуном.

При проведенні робіт з розконсервації складальних одиниць агрегату повинен бути забезпечений захист працюючих від попадання на відкриті ділянки тіла консерваційних масел і мастил, забезпечена вентиляція робочих місць згідно з чинними нормативними документами.

Для забезпечення безпечної експлуатації проектом насосної установки має бути передбачене заземлення двигуна.

Забороняється пуск агрегату:

- без під'єднання двигуна до зеземляючого пристрою;
- без підключення приладів контролю за роботою насосу;
- без встановлення захисного огороження муфти;
- з незаповненим перекачуванням середовищем насосом.

У разі виникнення аварійних ситуацій або несправностей, які можуть призвести до аварійної ситуації, агрегат повинен бути вимкнений.

Якщо для усунення несправності потрібно зробити затягування роз'ємного з'єднання, що знаходиться під впливом внутрішнього тиску, попередньо внутрішній тиск необхідно знизити до атмосферного.

Конструкцією агрегату забезпечується його робота без постійної присутності обслуговуючого персоналу.

Монтаж агрегату проводити відповідно до цієї інструкції з експлуатації та експлуатаційної документації двигуна.

Перед початком монтажних робіт обладнати робочі місця:

- встановити слюсарні верстати та настили для укладання складальних одиниць та деталей обладнання;
- підготувати необхідний слюсарний інструмент;
- підготувати контрольні-вимірювальні інструменти;
- підготувати вантажопідйомні засоби, які відповідають масі обладнання, що монтується та піднімається;
- підготувати технічну документацію, необхідну для монтажу обладнання агрегату.

Транспортувати агрегат до місця монтажу та звільнити від упаковки.

Ретельно оглянути агрегат, перевірити комплектність, стан та наявність консерваційних заглушок, що герметизують внутрішні порожнини корпусу насоса.

Провести розконсервацію зовнішніх поверхонь насоса та інших складових частин агрегату.

Розконсервацію виконати відповідно до вказівок Інструкції з консервації, пакування, транспортування та зберігання НЕЦ.150111-01.05.000.00 I (п. 3.4).

Ретельно очистити фундамент під агрегат від будівельного сміття, пилу, масляних плям. Переконатися у відповідності розмірів та якості фундаменту проектної документації.

Агрегат встановлюється на наявний фундамент та фундаментні болти.

Встановити агрегат та виставити на фундаменті за рівнем:

– допустиме відхилення від горизонтальності – не більше 0,5 мм/м по подовжній і поперечній осях. ( Рівень встановлювати на припливи корпусу насоса).

Виконати затягування фундаментних болтів. Затягувати попарно. Момент затяжки –  $395^{+20}$  Н/м ( $38^{+2}$  кгс/м).

Підєднати трубопроводи до насосів, виконуючи такі вимоги:

– заглушки, що закривають отвори для приєднання трубопроводів до корпусу насоса, знімати безпосередньо перед виконанням відповідних робіт;

– контролювати відсутність пошкоджень та привалювальних поверхонь фланців (відсутність візуально спостерігаються забруднень, пилу, продуктів корозії, плям олії, фарби тощо).

При приварюванні основного трубопроводу до патрубків насоса виконати такі вимоги:

– точність розташування фланців всмоктувального та напірного трубопроводів щодо відповідних фланців насоса: допуск паралельності – не більше 0,1 мм, допуск співвісності – не більше 1,0 мм;

– для контролю напору насоса під час експлуатації на вхідному та напірному ділянках трубопроводів до запірної арматури повинні бути виконані

відбори статичного тиску на відстані від 1,5 до 2,5 внутрішніх діаметрів трубопроводу від вхідного (напірного) патрубків. Отвори для відбору тиску повинні виконуватися діаметром від 3 до 6 мм перпендикулярно до внутрішньої поверхні трубопроводу. Задирок та фаски на кромках отворів на внутрішній поверхні трубопроводів не допускаються;

Після приєднання всіх трубопроводів виконати контрольну перевірку центрування валів насоса та двигуна.

Допуск співвісності валів – 0,03 мм, допуск паралельності торців напівмуфт – 0,03 мм.

Базою при центруванні агрегату має бути насос.

У горизонтальній площині центрування проводити віджимними гвинтами ліхтаря. У вертикальній площині – підкладками чи фольгою, підкладаючи їх під фланець ліхтаря.

Увага: від точності центровки у значному ступені залежать вібраційна характеристика агрегату, надійність і довговічність підшипників, кінцевого ущільнення.

Виконати передпускові роботи, передбачені експлуатаційною документацією двигуна.

Здійснити заземлення двигуна, підключення його до мережі, встановлення та під'єднання приладів та засобів автоматики та КВП.

Перевірити напрямок обертання ротора двигуна та його роботу на холостому ході відповідно до вказівок у його експлуатаційній документації.

При необхідності антикорозійного захисту поверхонь та внутрішніх елементів агрегату, у період монтажу, до введення в експлуатацію виконати консервацію згідно інструкції НЕЦ.150111-01.05.000.00 I (п. 3.4).

Пуск і налагодження агрегату проводяться після промивання системи і заповнення її середовищем, що перекачується.

Для пуску та налагодження агрегату зібрати схему, яка повинна включати витратно-вимірний пристрій на лінії нагнітання насоса та дозволяла б насосу досягти подачі  $0,0167 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $60 \text{ м}^3/\text{год}$ ).

Здійснити зовнішній огляд агрегату. Переконатися у відсутності біля агрегату сторонніх предметів. Повинний бути забезпечений вільний доступ до обладнання агрегату для зручного та безпечного обслуговування та контролю за роботою. При необхідності повинні бути обладнані спеціальні переходи та майданчики.

Перевірити затягування всіх різьбових з'єднань (моменти затягування відповідно до НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК) та центрування валів насоса та двигуна. Вийняти пальці із муфти.

Здійснити пробний пуск двигуна. Перевірити напрямок обертання двигуна та його роботу на холостому ході. Двигун повинен обертатися у напрямку, вказаному стрілкою, закріпленою на ліхтарі насоса.

Під час роботи двигуна не повинні прослуховуватись сторонні шуми.

Зібрати сполучну муфту. Заповнити насос середовищем, що перекачується. Проконтролювати герметичність стиків корпусу насоса та фланцевих з'єднань трубопроводів, що підключаються до насоса. Усунути течії (за наявності).

Виконати операції з підключення та налаштування приладів та засобів автоматики з контролю за роботою насоса та двигуна.

Здійснити пуск агрегату при закритій засувці на напірному трубопроводі. Плавню відкриваючи напірну засувку встановити подачу рівну  $0,33 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $45 \text{ м}^3/\text{год}$ ). При цьому допускається робота на закриті засувку – не більше 1 хвилини і температурі середовища, що перекачується, не більше  $70^\circ\text{C}$ .

Допускається пуск насоса на відкриту засувку, але при цьому подача повинна знаходитися в робочому інтервалі.

Встановлюючи послідовно режими подачі  $0,0083$ ;  $0,33$ ;  $0,0167 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $30$ ;  $45$ ;  $60 \text{ м}^3/\text{год}$ ) і спостерігаючи за роботою агрегату, переконатися у відсутності явищ, що свідчать про недоліки монтажу або складання агрегату.

При цьому на кожному режимі необхідно контролювати:

а) без застосування засобів вимірювань (візуальним чи органолептичним методами):

1) герметичність стиків корпусу насоса та фланцевих з'єднань трубопроводів, що приєднуються до насоса;

2) роботу торцевого ущільнення;

3) шум агрегату (відсутність стуків та шумів, невластивих нормальній роботі агрегату);

б) з використанням штатних засобів вимірювань:

1) температуру підшипників насоса (не повинна бути вищою за 80°C);

2) параметри роботи насоса (перевірка відповідності характеристики насоса величин напорів, що визначаються на кожній подачі за показаннями манометрів, встановлених на виході з насоса);

3) параметри роботи двигуна (згідно з вимогами в його експлуатаційній документації);

4) вібрацію в місцях розташування підшипникових опор насоса та двигуна.

У разі виявлення неполадок у роботі агрегату, виникнення аварійних ситуацій агрегат необхідно зупинити, визначити та усунути несправність або наслідки аварії та продовжити пусканалагоджувальні роботи.

Зупинка агрегату здійснюється відключенням двигуна від мережі оператором із блочного щита управління, а при аварійній ситуації допускається зупинка за допомогою кнопки на місцевому щиті управління.

Заходи безпеки під час пусканалагоджувальних робіт та експлуатаційні обмеження – згідно відповідних пунктів інструкції.

Обкатування агрегату провадиться з метою перевірки готовності агрегату до здачі в експлуатацію.

Агрегат піддається обкатуванню в інтервалі подач від 0,0083 до 0,0167 м<sup>3</sup>/с (від 30 до 60 м<sup>3</sup>/год) протягом 72 годин (включаючи час роботи при пусканалагодженні) у тому числі:

– на поданнях 0,0083; 0,0167 м<sup>3</sup>/с (30; 60 м<sup>3</sup>/год) – не менше 7 годин на кожній подачі;

– на подачі 0,33 м<sup>3</sup>/с (45 м<sup>3</sup>/год) – не менше 51 години.



При обкатуванні періодично (після пуску та після кожної зміни режиму, а також через кожні 3 години безперервної роботи) здійснювати контроль за роботою агрегату в передбаченому обсязі.

У разі виявлення порушень у роботі агрегат зупинити, визначити та усунути виявлені несправності та провести обкатку спочатку. Після завершення обкатки вимкнути двигун, перевірити плавність вибігу ротора.

При цьому слід зазначити наступне:

1) Обкатка агрегату може бути поєднана з пусконаладжувальними роботами.

2) Час безвідмовної роботи агрегату при пусконаладженні враховується в обсязі часу, необхідному для обкатки на відповідних режимах.

Перед здаванням в експлуатацію необхідно провести контроль затягування всіх різьбових з'єднань та перевірку центрування валів двигуна та насоса.

Агрегат вважається готовим до експлуатації, якщо усунуто всі недоробки та несправності, виявлені на відповідних етапах робіт.

Оформлення документів щодо здачі агрегату в експлуатацію проводиться у порядку, визначеному договором (контрактом) на постачання.

### 3.3.3 Використання за призначенням

Агрегат повинен бути застосований для середовища, що перекачуються, відповідно вимогам таблиць 3.3 і 3.4. Агрегат повинен бути застосований з використанням середовищ, що споживаються відповідно вимогам таблиці 3.5.

Агрегати повинні володіти стійкістю до узагальнених робочих показників зовнішніх впливових факторів навколишнього середовища (ЗВФ НС) при нормальних умовах експлуатації, зазначеним в таблиці 3.14.

Не допускається тривала експлуатація агрегату (понад п'ять хвилин) при значеннях подач, що знаходяться за межами робочого інтервалу характеристики насоса від  $0,0083$  до  $0,0167$  м<sup>3</sup>/с (від 30 до 60 м<sup>3</sup>/Год).

Таблиця 3.14 – Узагальнені робочі показники ЗВФ НС

Показник середовища	Значення показника
Температура, °С: – нижнє значення – верхнє значення	15 60
Вологість: – нижнє значення, % – верхнє значення: а) при температурі від 15 до 30 °С, % б) при температурі понад 30 °С і до 60 °С, г/м <sup>3</sup>	10 90 32
Барометричний тиск, кПа – нижнє значення – верхнє значення	86 108
Потужність поглиненої дози іонізуючого випромінювання, мГр/год, не більше	0,9
Масова концентрація корозійно-активних агентів, мг/м <sup>3</sup> , не більше: 1) – діоксид сірки – водень – оксид азоту – фтороводень – хлороводень – аміак	10 10 10 1 1 35
Масова концентрація пилу, мг/м <sup>3</sup> , не більше	1
<sup>1)</sup> Для групи умов експлуатації Е1.2 можуть додатково визначатися верхні робочі значення масових концентрацій інших корозійно-активних речовин (азотно киснева суміш, пропан, ацетилен тощо).	

Допускається робота агрегату на закриту засувку на нагнітанні не більше однієї хвилини і температурі середовища, що перекачується, не більше 70°C. Пуск і робота насоса незаповненого середовищем, що перекачується, не допускається.

Агрегат допускає короточасне (не більше двох хвилин) обертання ротора у зворотному напрямку при відключеному двигуні, при цьому повинна бути виключена можливість гідравлічного удару.

У разі виникнення аварійних ситуацій, відмов, ушкоджень, наведених нижче, агрегат повинен бути зупинений для відновлення працездатного стану або до ліквідації аварійної ситуації.

При експлуатації агрегату необхідно проводити його технічне обслуговування згідно з вимогами та виконувати відповідні заходи безпеки.

Для виведення в ремонт необхідно:

- відключити від електромережі двигун;
- при закритій засувці виході з насоса спорожнити насос від середовища, що перекачується, відкривши запірну арматуру на лініях спорожнення та випуску повітря.

У разі виникнення аварійних ситуацій агрегат необхідно зупинити та виконати поточний ремонт відповідно до вказівок підрозділу 3.3.5.

Аварійна зупинка агрегату проводиться:

- при нещасному випадку, пов'язаному з роботою агрегату;
- при появі запаху ізоляції, що горить, диму, вогню з двигуна;
- при підвищенні температури підшипників вище за 80°C;
- при різкому збільшенні витoku з торцевого ущільнення насоса;
- у разі порушення герметичності корпусу насоса, трубопроводів;
- при виникненні шумів, невластивих нормально працюючого агрегату;
- при різкому зростанні вібрації на корпусах підшипників вище 11,2 мм/с та інших випадках виникнення аварійних ситуацій.

Аварійна зупинка агрегату може здійснюватися при пусконаладжувальних роботах.

### 3.3.4 Технічне обслуговування агрегату

Для підтримки агрегату у працездатному та справному стані повинно проводитися його технічне обслуговування при використанні за призначенням, знаходженням у режимі очікування, зберіганні та транспортуванні.

Біля насосного агрегату не повинно бути сторонніх предметів, що перешкоджають проведенню контролю за його роботою.

Технічне обслуговування працюючого агрегату повинно проводитися із застосуванням індивідуальних засобів захисту органів слуху. Інші вимоги безпеки відповідно до викладених у п. 3.3.2.

У разі використання агрегату за призначенням експлуатаційним персоналом повинно проводитися його технічне обслуговування з періодичним контролем.

Періодичний контроль за працюючим агрегатом повинен включати зовнішній огляд агрегату з перевіркою:

а) без застосування засобів вимірювань:

- герметичність роз'ємних з'єднань корпусу насоса;
- величини витoku через торцеве ущільнення насоса;
- справності контрольно-вимірювальних приладів;

б) із застосуванням штатних вимірювальних засобів:

- параметрів роботи насоса (подачу, тиск на виході з насоса);
- параметрів роботи двигуна – відповідно до його експлуатаційної документації;
- температури підшипників насоса;
- рівня шуму, вібрації в місцях розташування підшипникових опор насоса та двигуна.

Контроль повинен проводитися відразу після запуску та через кожні 8 годин безперервної роботи. Необхідно фіксувати загальне напрацювання агрегату з моменту введення в експлуатацію після монтажу або чергового

капітального ремонту. Облік часу напрацювання необхідний визначення термінів виведення насоса в ремонт.

Конструкція насоса дозволяє проводити гідравлічні випробування корпусу тиском  $0,82^{+0,196}$  МПа ( $8,4^{+2}$  кгс/см<sup>2</sup>) без його розбирання спільно з торцевим ущільненням і ділянками трубопроводів, що примикають (вхідного, напірного і для спорожнення насоса).

Обсяг технічного обслуговування під час транспортування та зберігання викладено в Інструкції з консервації, пакування, транспортування та зберігання НЕЦ.150111-01.05.000.00 I (п. 3.4).

Технічне обслуговування двигуна 4A180M2 – відповідно до його експлуатаційної документації.

### 3.3.5 Поточний ремонт

Поточний ремонт проводиться для відновлення працездатності агрегату при його відмови або усунення пошкоджень, виявлених при його періодичному контролі шляхом відновлення або заміни його дефектних деталей.

Опис наслідків відмов та пошкоджень агрегату при налагодженні та експлуатації, можливих причин та вказівки щодо встановлення та усунення наслідків наведено в таблиці 3.15.

Перед виконанням будь-яких операцій, пов'язаних з поточним ремонтом, агрегат повинен бути зупинений, двигун відключений від мережі, зовнішні поверхні агрегату мають температуру не більше 45°C.

При виконанні операцій, пов'язаних з поточним ремонтом складальних одиниць і деталей корпусу насоса, він повинен бути випорожнений від середовища, що перекачується.

При розбиранні насоса та інших комплектуючих агрегат виробів необхідно керуватися вказівками експлуатаційних документів, що поставляються з агрегатом, дотримуючись наступних правил.

Таблиця 3.15 – Можливі причини та вказівки щодо усунення наслідків відмов та пошкоджень

Опис наслідків відмов та пошкоджень	Можливі причини	Вказівки щодо встановлення наслідків відмов та пошкоджень складальної одиниці (деталі)	Вказівки щодо усунення наслідків відмов та пошкоджень
Порушення герметичності роз'ємних з'єднань корпусу насоса	а) ослаблення затягування кріпильних виробів у з'єднанні; б) пошкодження прокладок або гумових кілець, що ущільнюють з'єднання.	При періодичному контролі за станом насосного агрегату проводити візуальний огляд всіх роз'ємних з'єднань насоса, які перебувають під впливом внутрішнього тиску.	а) зробити затягування кріпильних виробів у з'єднанні; б) розібрати з'єднання, замінити пошкоджену прокладку чи гумове кільце.
Температура підшипника насоса перевищила 80°C	а) знос підшипника; б) забруднення, старіння оливи.	При періодичному контролі слідкувати за температурою підшипників.	а) замінити підшипник; б) замінити оливу.
Підвищення шуму та вібрації агрегату	а) розцентрування роторів насоса та двигуна; б) знос підшипників; в) підвищення вібрації трубопроводів; г) ослаблення кріплення агрегату до фундаменту.	При періодичному контролі слідкувати за рівнем шуму та вібрації.	А) провести центрування роторів насоса та двигуна; б) замінити підшипники; в) здійснити надійне закріплення трубопроводів до опор; г) зробити затяжку деталей кріплення насоса та двигуна до

			рами та рами до фундаменту.
Різка зупинка ротора агрегату при вимкненні двигуна	відсутність передбачених конструкцією насоса і двигуна зазорів між рухомими і нерухомими елементами внаслідок: - засмічення чи потрапляння сторонніх предметів; - поломки деталей.	Після монтажу, ремонту насоса або двигуна фіксувати час вибігу ротора агрегату. Під час експлуатації контролювати час вибігу ротора агрегату під час відключення двигуна.	Визначити несправність (місце і причину) і усунути.
Збільшення витoku через торцеве ущільнення насоса	а) порушення якості робочих поверхонь кілець пари тертя внаслідок зношування; б) механічні пошкодження кілець пари тертя (тріщини, сколи); в) втрата рухливості аксіально – рухомими елементами внаслідок: - засмічення зазорів між деталями ущільнення продуктами корозії та зносу; - набухання та прилипання до сталевих деталей гумових ущільнювальних кілець; - зниження еластичності гумових ущільнювальних кілець; - поломки або усадки пружин.	При періодичному контролі слідкувати за величиною витoku через торцеве ущільнення насоса	а) замінити кільця новими; б) замінити пошкоджені кільця на нові; в) відновлення рухливості аксіально-рухливих елементів: - очистити поверхні деталей від відкладень продуктів корозії та зносу; - замінити гумові кільця; замінити гумові кільця; - замінити пошкоджені пружини.

Примітка – робочі поверхні графітових кілець торцевого ущільнення зі слідами зношування можуть бути виправлені за допомогою їх притирання за спеціальною технологією. Технологія повинна передбачати застосування спеціального оснащення і притиральних матеріалів, що дозволяють забезпечити непощинність поверхонь, що притираються, не більше 0,0006 мм і шорсткість – 0,1 мкм.

а) перед розбиранням підготувати:

1) майданчик для укладання складальних одиниць та деталей обладнання (з чистою дерев'яною поверхнею або покритою паронітом, картоном тощо);

2) необхідний слюсарний та вимірювальний інструмент;

3) протирочні та мастильні матеріали (ганчір'я, гас або уайт-спірит);

4) вантажопідйомні засоби, що відповідають піднімається масі обладнання, що розбирається;

5) необхідну технічну документацію.

б) під час виконання робіт з розбирання:

1) оберегати від вибоїн поверхні деталей обладнання, що сполучаються (посадкові, ущільнювальні, стикові), а при виявленні дефектів проводити ретельне зачищення пошкоджених місць;

2) помічати взаємне положення деталей, що сполучаються (при цьому нанесення міток на посадкових, ущільнювальних, стикових поверхнях не допускається);

3) операції, що вимагають застосування спеціального інструменту та пристосувань, не замінювати на операції, пов'язані з ударами по деталях;

4) при знятті деталей не застосовувати ударів по них сталевим ударним інструментом, а використовувати надставки з м'якшого металу (наприклад з бронзи, алюмінію, міді тощо).

Розбирання агрегату включає (рис.3.4):

а) демонтаж двигуна 1:



- відвернути гайки 2 кріплення двигуна 1;
  - зняти двигун 1 із напівмуфтою двигуна 3.
- б) розбирання насосу.

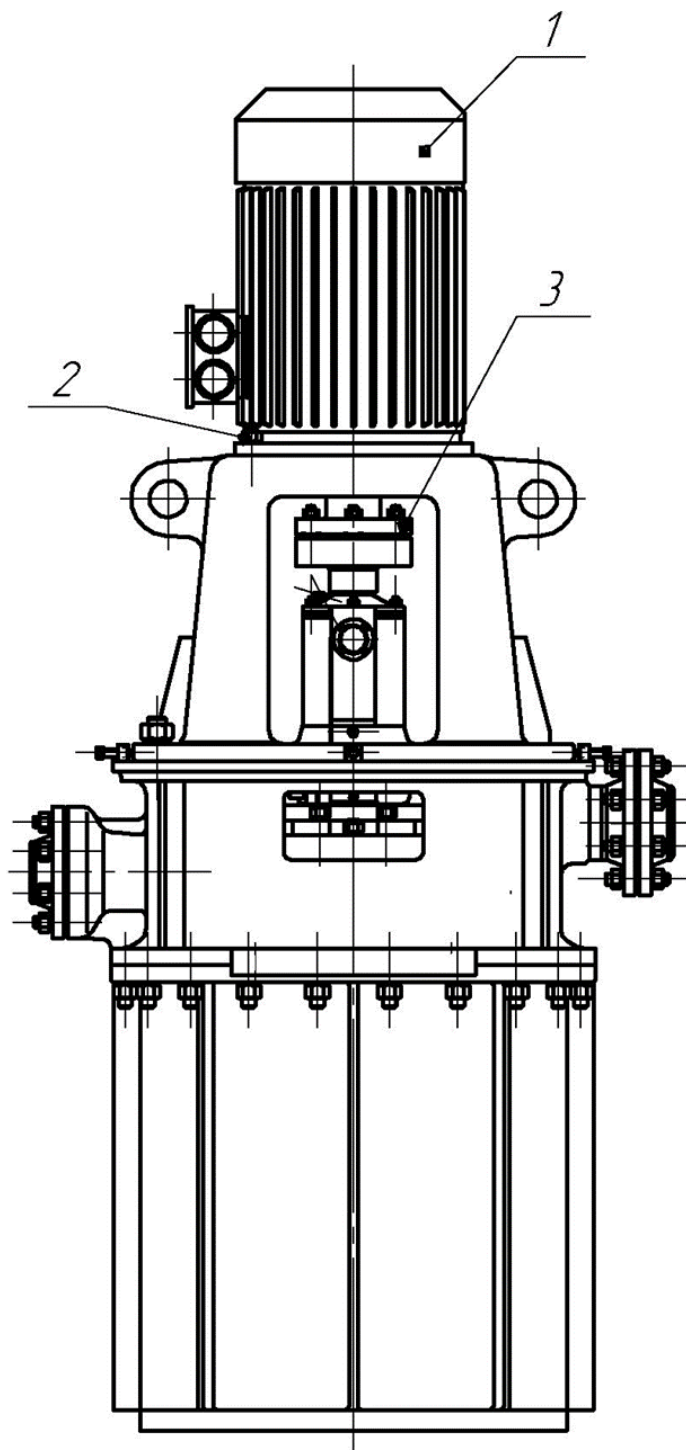


Рисунок 3.4 – Агрегат АНВСА 45-54

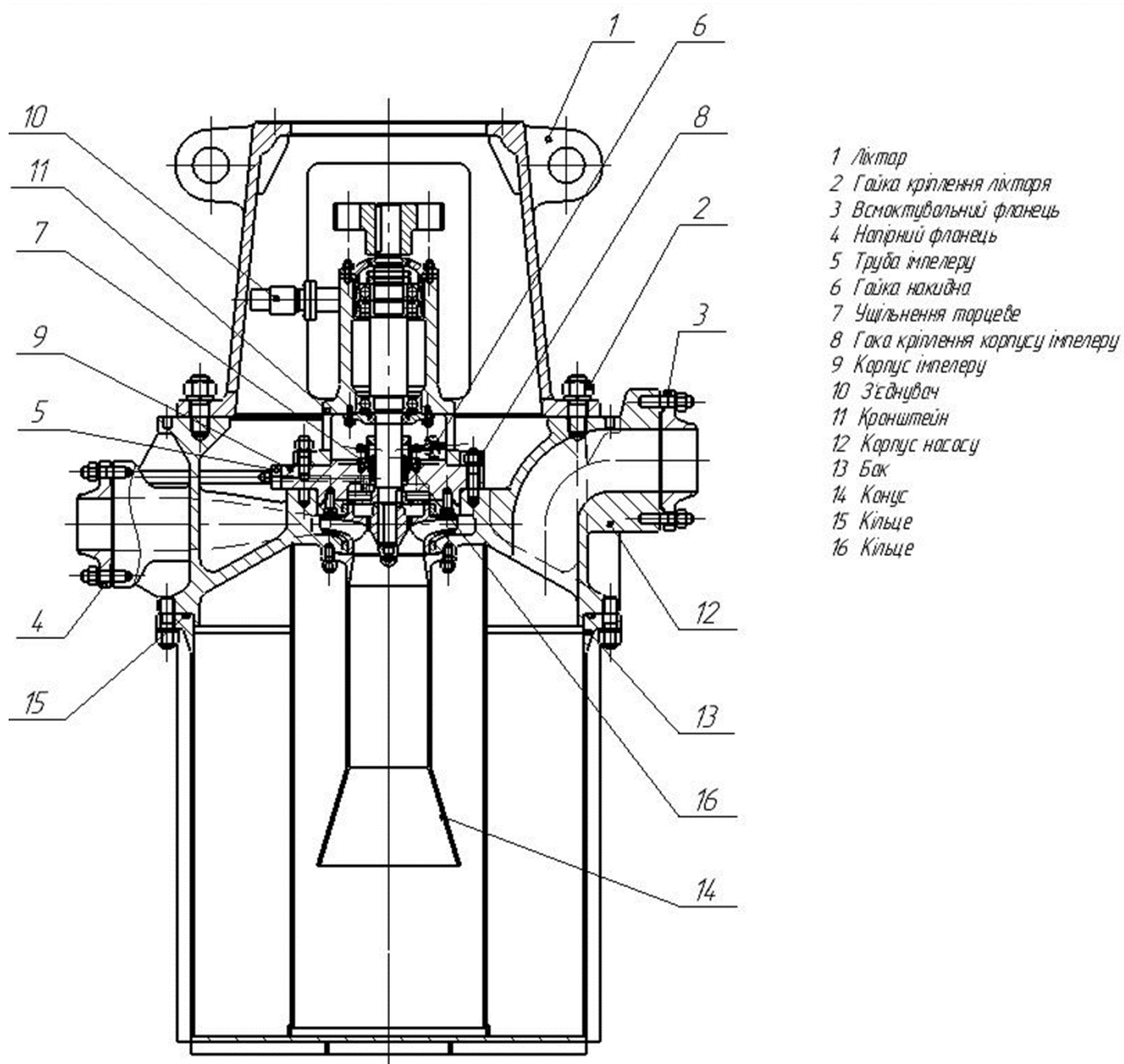
1 – двигун, 2 – гайка кріплення двигуна, 3 – напівмуфта двигуна

Розбирання насосу включає:

а) підготовку насос до розбирання (див. рис. 3.5):

- відвернути гайки 2 кріплення ліхтаря 1 та зняти ліхтар;
- демонтувати трубу імпелера 5;
- відвернути гайка накедні 6 та демонтувати трубки подачі та зливу запорної рідини ущільнення торцевого 7;
- відвернути гайки 8 кріплення корпусу імпелеру 9;
- роз'єднати вилку та розетку з'єднувача 10;
- застропувати за вікна кронштейну 11 зняти від'ємну частину (рис. 3.6) з корпусу насосу 12.

б) далі розбирання насоса (рис. 3.6) проводити в наступній послідовності:



## Рисунок 3.5 – Насос НВСА 45-54

- відігнути стопорнут шайбу 3 та відвернути обтікатель 2;
- зняти напівмуфту 1;
- зняти колесо робоче 4;
- відвернути гвинти 6 та зняти накривку імпелеру 5;
- зняти імпелер 13;
- відвернути гвинти 11 та відсунути накривку ущільнення 12 від корпусу імпелеру 8;
- відвернути гайки 9 та зняти корпус імпелеру 8 та накривку ущільнення 12;
- відвернути гайки 14 та зняти накривку передню 16;
- відвернути гайки 15 та зняти накривку задню 17;
- за допомогою віджимних болтів встановлених в стакан 18 демонтувати вал 19 з підшипниками 20 та 21.

Демонтувати підшипники, також бак 13 та конус 14 (рис. 3.5) належить тільки в разі їх пошкодження.

При складанні насоса та інших комплектуючих агрегат виробів необхідно керуватися вказівками експлуатаційних документів, що поставляються з агрегатом, дотримуючись при цьому наступних порядків та правил виконання робіт:

а) перед збиранням:

1) підготувати необхідний слюсарний та вимірювальний інструмент (для збирання та розбирання агрегату необхідно користуватися універсальним інструментом), протирочні та мастильні матеріали (чиста ганчір'я, гас або уайт-спірит, пасти ВНІНП 232, ВНІНП 282, олія турбінна Тп-22С ТУ 38.101821-83), вантажопідйомні засоби, необхідну технічну документацію;

2) очистити, промити, протерти насухо або продути стисненим повітрям всі складальні одиниці та деталі складових частин агрегату;

3) візуально встановити наявність дефектів на деталях, вимірюваннями визначити зношування посадкових поверхонь і поверхонь, що утворюють щільні ущільнення. Про-контролювати відсутність дефектів (тріщин, сколів, натирів інше) на робочих поверхнях кілець пари тертя торцевого ущільнення (вимоги до якості робочих поверхонь кілець див. у документації ущільнення торцевого).

4) дефектні деталі відремонтувати чи замінити новими;

5) перевірити стан підшипників кочення та посадкових поверхонь під їх встановлення. Підшипники повинні легко обертатися без заїдань. Виявлені на посадкових поверхнях подряпини, вибоїни, корозійні плями повинні бути видалені.

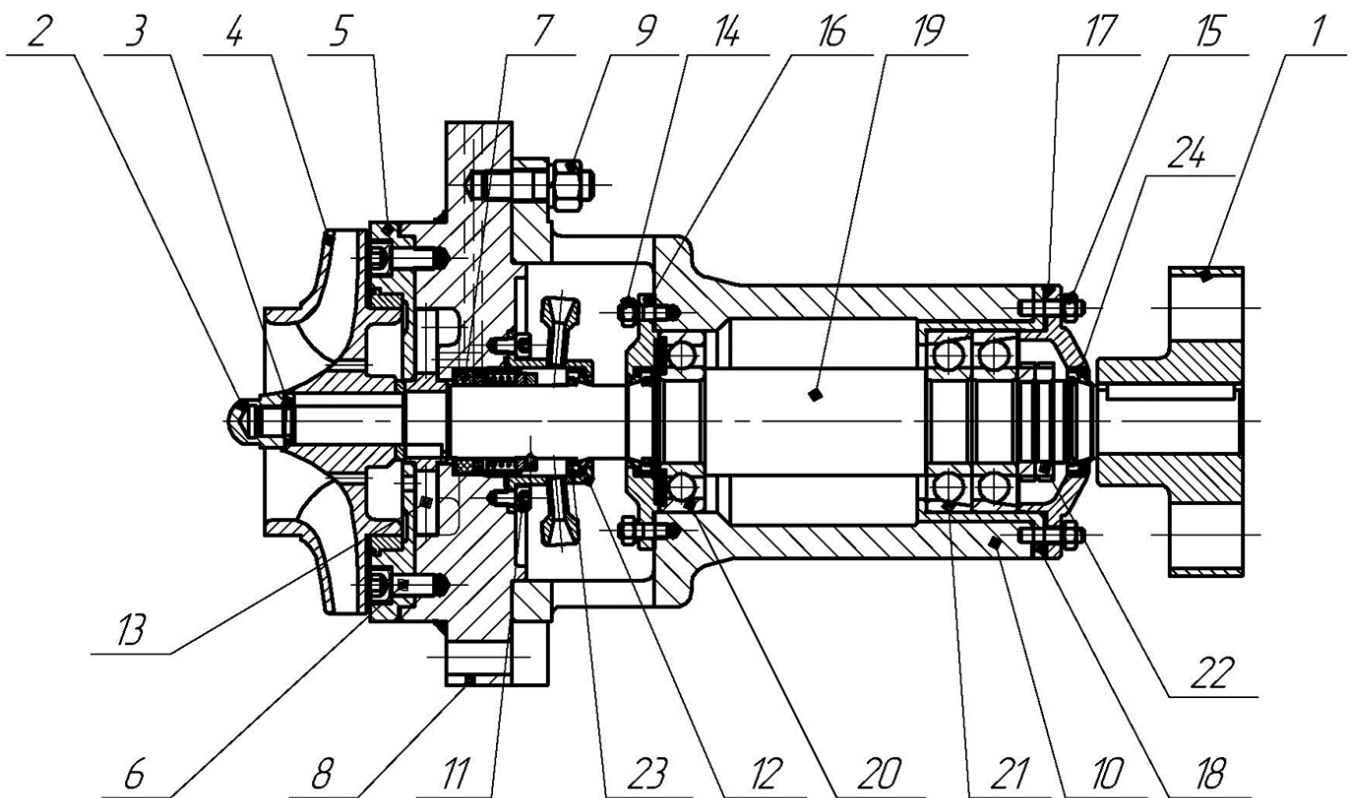


Рисунок 3.6 – Виємна частина насоса НВСА 45-54

1 напівмуфта, 2 обтікач 3 шайба стопорна, 4 колесо робоче, 5 накривка імпелеру, 6 гвинт, 7 ущільнення торцеве, 8 корпус імпелеру, 9 гайка, 10 кроншейн, 11 гвинт, 12 накривка ущільнення, 13 імпелер, 14 гайка, 15 гайка, 16 накривка

передня, 17 накривка задня, 18 стакан, 19 вал, 20 підшипник, 21 підшипник, 22 гайка, 23 манжета, 24 манжета.

Під час наступних пошкоджень підшипники повинні бути замінені:

– за наявності видимих слідів вироблення, фарбування поверхні на тілах кочення, бігових доріжках;

– за наявності вибоїн, тріщин, ознак фарбування на монтажних поверхнях внутрішнього та зовнішнього кілець;

– при ушкодженнях сепаратора;

б) під час виконання складальних робіт:

1) поєднувати мітки (де вони є), що позначають взаємне положення деталей;

2) при заміні пошкоджених деталей запасними або знову виготовленими переконатися в їх повній взаємозамінності;

3) при заміні колеса або напівмуфти насоса, а також ремонті, пов'язаному зі зміною їх маси, має бути виконане балансування ротора;

4) операції, що вимагають застосування спеціального інструменту та пристосувань, не замінювати операціями, пов'язаними з завданням ударів по деталях;

5) при встановленні деталей не застосовувати ударів по них сталевим ударним інструментом, а використовувати надставки з м'якшого металу;

6) посадкові поверхні деталей, різьбові з'єднання змащувати пастою ВНІНП 232, гумові кільця – пастою ВНІНП 282;

7) повторне використання ущільнювальних елементів з неметалевих матеріалів (гумових кілець, ущільнювальних прокладок) не рекомендується, а при виявленні пошкоджень (при втраті форми, розмірів, наявності надривів, зрізів, тріщин тощо) не допускається.

Складання агрегату включає:

а) збирання насоса;

- б) збирання двигуна;
- в) центрування агрегату;

Збирання насосу (рис. 3.6) проводити в наступній послідовності:

1) встановити на вал 19 підшипники 20 та стакан 18 із підшипниками 21 затягнувши гайки 22. Вказану операцію проводити тільки у разі демонтажу вище перерахованих деталей;

2) встановити вал 19 із підшипниками в кронштейн 10 затягнувши кріплення 15 стакану 18;

3) встановити кришку передню 16 та кришку задню 17 із манжетою 24, забезпечивши тепловий зазор між торцем кришки 17 і підшипником 21 який повинен дорівнювати 0,5...0,8 мм;

4) встановити на вал накривку ущільнення 12 з манжетою 23;

5) встановити на вал роторну частину ущільнення торцевого 7 виставивши на відстані згідно з документацією ущільнення торцевого;

змонтувати корпус імпелеру 8 з встановленим в нього статорним елементом ущільнення торцевого 7 скріпивши корпус імпелеру із кронштейном 10 за допомогою гайок 9;

7) встановити на вал імпелер 13. Провернути вал та прослідкувати щоб не було тертя імпелеру об корпус імпелеру;

8) встановити накривку імпелеру 5. Провернути вал та прослідкувати щоб не було тертя імпелеру об накривку імпелеру;

9) притиснути накривку ущільнення 12 до корпусу імпелера 8, затягнути гвинти 11.

10) встановити на вал колесо робоче 4, затягнути обтікатель 2 та відігнути шайбу 3.

11) далі, зібрану конструкцію встановити у корпус насосу 12 (рис. 3.5) зорієнтувавши отвір виходу на трубу імпелеру 5 у відповідну фрамугу корпуса насосу 12;

12) Встановити трубу імпелеру 5, з'єднувач 10 та під'єднати трубки запорної рідини ущільнення торцевого 7 затягнувши гайки 6;

13) встановити ліхтар 1 на корпус насосу 12.

Особливу увагу при складанні насосу слід звернути на встановлення гумових кілець 15, 16.

Складання двигуна слід виконувати, керуючись експлуатаційною документацією, що постачається з двигуном.

Після встановлення двигуна на ліхтар слід провести центрування агрегату. При цьому напівмуфти на вали насоса та двигуна повинні бути встановлені. Центрівка проводиться універсальними пристроями для центрування валів та універсальними засобами вимірювання.

Базою при центруванні агрегату має бути насос.

Точність центрування:

- допуск співвісності роторів – не більше 0,03 мм;
- допуск паралельності торців напівмуфти – не більше 0,03 мм.

У горизонтальній площині центрування проводити установочними гвинтами ліхтаря. У вертикальній площині – підкладками або фольгою під фланець ліхтаря.

### **3.4 Інструкція з консервації, пакування, транспортування і зберігання**

Інструкція з консервації, упаковки, транспортування та зберігання НЕЦ.150111-01.05.000.00 I (далі – інструкція) поширюється на насосний агрегати АНВСА 45-54, які призначені для поставки до енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000.

Інструкція є керівним документом для підприємства-виробника при підготовці до навантаження та відвантаження агрегату та його складових частин, що входять до обсягу його постачання, комплектів та виробів, а для персоналу АЕС – під час транспортування, зберігання, переконсервації та розконсервації.

В інструкції зведено вимоги конструкторської документації, дотримання яких має забезпечити збереження агрегату та комплектів та виробів, що входять в обсяг поставки, на період їх транспортування та зберігання.

На додаток до цієї інструкції необхідно також скористатися:

- інструкцією з експлуатації НЕЦ.150111-01.05.000.00 ІЕ;
- паспортом НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПС;
- креслениками, що входять до комплекту постачання агрегату;
- експлуатаційними документами на покупні вироби, що входять до комплекту постачання агрегату.

#### 3.4.1 Консервація

Перед пакуванням в транспортну тару на підприємстві-виробнику повинна бути проведена консервація складових частин агрегату і комплектів і виробів, що входять в обсяг його поставки, на період їх транспортування та зберігання.

Консервація включає підготовку поверхонь, нанесення засобів тимчасового протикорозійного захисту та внутрішнє пакування.

Поверхні виробів, що підлягають тимчасовому протикорозійному захисту, повинні бути очищені від забруднень та висушені.

Внутрішня упаковка призначена для обмеження або запобігання впливу кліматичних факторів (часткове або повне виключення доступу повітря, води, водяної пари, агресивних газів, пилу), збереження застосованих засобів тимчасового протикорозійного захисту (запобігання забрудненню та механічним ушкодженням).

Для консервації агрегату і комплектів і виробів, що входять до обсягу його поставки, повинні бути застосовані варіанти тимчасового протикорозійного захисту (ВЗ) та внутрішньої упаковки (ВУ) відповідно, наведені в таблиці 3.16.

Консервація гумо-технічних виробів – тальк мелений ТРПВ, варіант захисту – ВЗ-0, варіант внутрішньої упаковки – ВУ-5.

Термін дії консервації складових частин агрегату – три роки, комплекту запасних частин – п'ять років.

Дата проведення консервації вказується у паспорті НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПС.

#### 3.4.2 Пакування



Для захисту від механічних пошкоджень та впливів кліматичних факторів під час транспортування та зберігання проводиться пакування складових частин, комплектів та комплектуючих виробів, що входять до обсягу постачання агрегату у транспортну тару.

Таблиця 3.16 – Консерваційні заходи

Консервовані поверхні	Варіант захисту	Засіб захисту	Варіант внутрішньої упаковки	Площа консервації, м <sup>2</sup>
Деталі, що знаходяться всередині корпусу та кронштейна	ВЗ-0	-	ВУ-0	-
Кріпильні вироби	ВЗ-4	Літол-24	ВУ-2	0,5
Відкриті ділянки валу	ВЗ-0	-	ВУ-0	-
З'єднувачі УЗНЦ 2	ВЗ-0	-	ВУ-ПА-5	0,2
Ущільнення торцеве	ВЗ-0	-	ВУ-0	-
Консервація незафарбованих поверхонь муфти	ВЗ-4	Літол-24	ВУ-5	0,1
Запасні частини	ВЗ-0	-	ВУ-0	-

Тара виготовляється за кресленнями підприємства-виробника агрегату.

Агрегат, запасні частини, комплектуючі вироби пакуються у щільні дерев'яні ящики.

Категорія упаковки:

- агрегату – КУ-3;
- запасних частин – КУ-3.

Перед пакуванням в тару комплектуючі агрегати виробу повинні бути підготовлені до транспортування та зберігання.

Експлуатаційна та технічна документація, що відправляється з агрегатом, повинна бути герметично упакована в водонепроникний пакет відповідно до ДСТУ ISO 6590-2 і вкладена в транспортне місце, на якому повинен бути зроблений напис «Документація тут». Допускається надсилання документації окремим вантажним місцем.

### 3.4.3 Транспортування

Агрегат і комплекти та вироби, що входять до обсягу його поставки, транспортуються в упаковці підприємства-виробника будь-яким видом транспорту відповідно до міжнародних правил перевезень вантажів, що діють на даному виді транспорту.

Умови транспортування ЗЧ в частині впливу кліматичних факторів – відкриті майданчики у макрокліматичних районах з помірним та холодним кліматом – категорія D згідно ДСТУ ІЕС 60654-1-2001.

Час транспортування не більше 10% від часу зберігання.

Під час завантаження та розвантаження упаковане обладнання слід піднімати за місця, вказані на транспортній тарі, а розпаковане – згідно з вказівками у технічній документації. Схему стропування ящика з обладнанням наведено на рисунку 3.7.

Навантаження та вивантаження повинні проводитися без різких ривків та ударів.

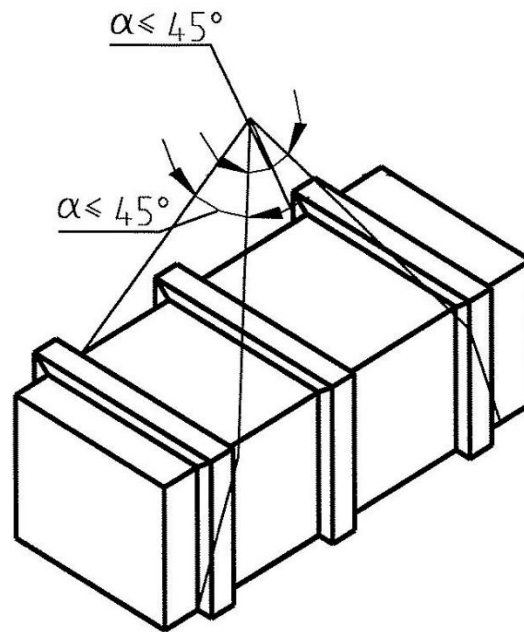


Рисунок 3.7 – Схема стропування ящика з обладнанням

#### 3.4.4 Зберігання

До монтажу поставки агрегату, що входять до комплекту, комплекти та комплектуючі вироби повинні зберігатися споживачем в упаковці підприємства-виробника.

При надходженні на зберігання необхідно:

- перевірити стан транспортної тари;
- при пошкодженні транспортної тари:

1) перевірити стан консервації та вміст ящика згідно з пакувальним листом;

2) усунути виявлені пошкодження захисних та антикорозійних покриттів, внутрішньої упаковки та тари.

Умови зберігання ЗЧ – неопалюване сховище – категорія С , ЗЧ з гуми – сховище з регульованою температурою та вологістю – категорія В згідно ДСТУ ІЕС 60654-1-2001.

Запасні гумові кільця при зберіганні повинні бути захищені від впливу прямих сонячних та теплових променів (перебувати на відстані не менше одного метра від опалювальних приладів), захищені від потрапляння на них олії, бензину, гасу та інших речовин, що руйнують гуму.

При цьому гумові кільця не повинні зазнавати будь-якої деформації (зберігатися в розгорнутому вигляді).

Протягом усього періоду зберігання необхідно періодично (один раз на 6 місяців) контролювати стан транспортної тари. У разі виявлення пошкоджень тари виконати попередні вимоги щодо тари.

При необхідності зберігання агрегату і комплектів виробів, що входять в об'єм, понад термін дії консервації або виявлення пошкоджень протикорозійних покриттів повинна бути проведена повна або часткова переконсервація.

Для переконсервації мають бути використані варіанти тимчасового протикорозійного захисту та внутрішньої упаковки. При переконсервації допускається застосовувати повторно неушкоджену в процесі зберігання внутрішню упаковку.

Після закінчення зберігання перед монтажем проводиться розпакування та розконсервація складових частин агрегату.

У таблиці 3.17 наведено способи розконсервації залежно від варіантів тимчасового протикорозійного захисту.

Відомості про виконані роботи з переконсервації та розконсервації мають бути занесені до паспорта НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПС.

Таблиця 3.17 – Способи розконсервації

Варіант тимчасового захисту	Способи розконсервації
ВЗ-0	– розконсервація не потрібна.
ВЗ-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>– протирання ганчіркою, змоченою нафтовими розчинниками з подальшим сушінням або протиранням насухо;</li> <li>– промивання гарячою водою або миючими розчинами з пасиваторами та подальшим сушінням.</li> </ul>

Інша експлуатаційна документація, а саме НЕЦ.150111-01.05.000.00ГЗ Насосний агрегат АНВСА 45-54 Схема гідравлічна принципова, НЕЦ.150111-01.05.000.00Д1 Насосний агрегат АНВСА 45-54 Завдання на фундамент, НЕЦ.150111-01.05.000.00ВЕ Насосний агрегат АНВСА 45-54 Відомість експлуатаційних документів, НЕЦ.150111-01.05.000.00ЗІ Насосний агрегат АНВСА 45-54 Відомість запасних частин, Габаритне креслення насосного агрегату АНВСА 45-54 наведена у додатках Г – З відповідно.

Послугуючись результатами параметричних стендових випробувань макета проточної частини насоса, а також технічним проектом розроблено експлуатаційну і робочу конструкторську документацію на насос і насосний агрегат спеціальної каналізації на його основі. Розроблена документація є основою для розгортання вітчизняного виробництва насосів спеціальної каналізації та проведення їх подальшої експлуатації на українських АЕС.

## ВИСНОВКИ

1. Для насоса спеціальної каналізації розроблено принципово нову двоступеневу конструктивну схеми проточної частини з відцентровим і вихровим робочими колесами яка дозволяє забезпечити підвищення ККД насоса та забезпечити необхідний рівень параметрів його робочого процесу.

2. На основі розробленої конструктивної схеми у програмному середовищі SolidWorks створено 3D моделі елементів проточної частининасоса та рідини, що перекачується у них. Використовуючи програмний комплекс ANSYS CFX виконане математичне моделювання гідродинамічних процесів у 3D моделі елементів проточної частини насоса, отримані розрахункові характеристики робочого процесу насоса. На робочому режимі ( $Q = 45 \text{ м}^3/\text{год}$ ) отримано:  $H = 56,5 \text{ м}$ ,  $\text{ККД} = 51\%$ ,  $N = 13,6 \text{ кВт}$ . Картини розподілу параметрів швидкостей і тисків у елементах проточної частини насоса наведено у додатку А.

3. Спираючись на результати математичного моделювання, що підтвердили адекватність обраних геометричних співвідношень елементів проточної частини, розроблено технічне завдання та ескізний проект насоса НВСА 45-54 і насосного агрегату АНВСА 45-54 на його основі.

4. На основі розроблених креслень деталей виконано розрахунки на міцність вібро- і сейсмостійкість деталей та елементів насоса і насосного агрегату, які підтвердили відповідність обраних геометричних співвідношень деталей та елементів насоса і насосного агрегату задачі забезпечення їх необхідної надійності, що є принципово важливим для безпеки експлуатації насосного обладнання АЕС.

5. З урахуванням результатів розрахунків на міцність вібро- і сейсмостійкість розроблено технічний проект насоса спеціальної каналізації і насосного агрегату на його основі.

6. Відповідно до технічного проекту виготовлено сталеві заготовки макета проточної частини насоса: колеса робочого, імпелера та корпусу стендового з

відвідним пристроєм. Фотографії макетних елементів проточної частини наведено у додатку В.

7. Розроблено програму та методику випробувань насосного агрегату. Виконані натурні параметричні випробування виготовленого макета проточної частини насоса. Аналіз результатів випробувань підтвердив адекватність обраних геометричних співвідношень елементів проточної частини щодо відповідності напірних й енергетичних параметрів насоса розрахунковим. Доведено покращення енергоефективності робочого процесу розроблюваного насоса у порівнянні з прототипом. На робочому режимі ( $Q = 45 \text{ м}^3/\text{год}$ ) отримано:  $H = 54,2 \text{ м}$ ,  $\text{ККД} = 56\%$ ,  $N = 15,3 \text{ кВт}$ , що відповідає характеристикам, заявленим у технічному завданні на науково-технічну роботу. Протокол досліджень наведено у додатку Б.

8. З урахуванням результатів натурних досліджень та технічного проекту розроблено експлуатаційну (додатки Г-3) та робочу конструкторську документацію на насос спеціальної каналізації і насосного агрегату на його основі. Перелік креслень робочого проекту наведено у додатку К. Наразі документація проходить узгодження у встановленому порядку у ДП «НАЕК Енергоатом».

## **ДОДАТКИ**



## Додаток А

### Картини розподілу параметрів швидкостей і тисків у елементах проточної частини насоса

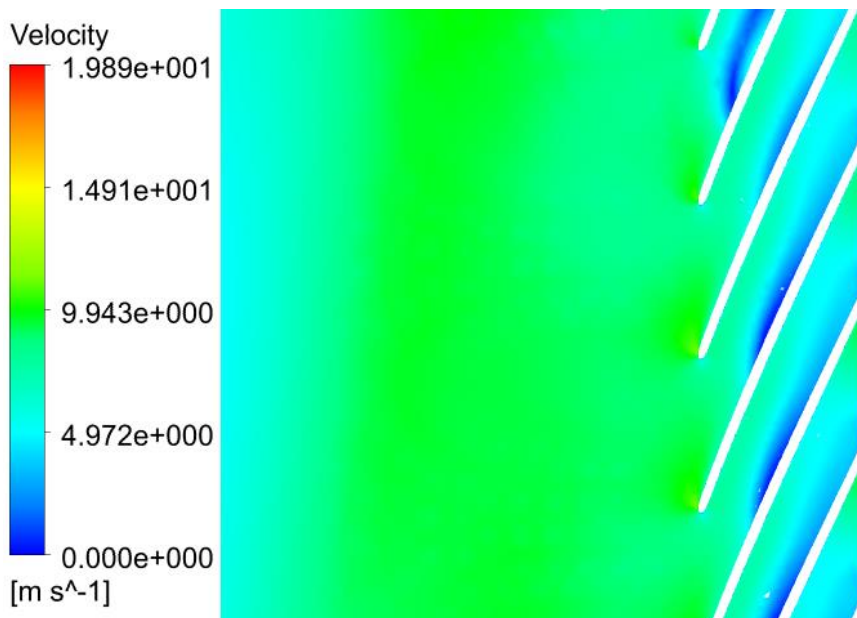


Рисунок А.1 – Розподіл швидкості у відносному потоці каналу відцентрового  
робочого колеса у вигляді контурів

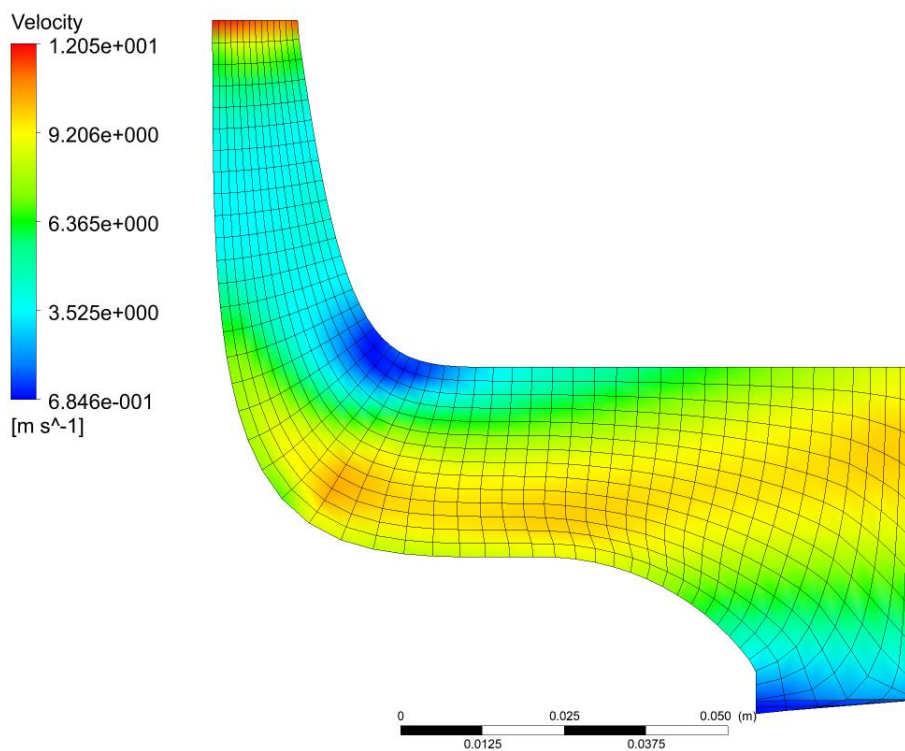


Рисунок А.2 – Розподіл відносної швидкості у меридіональному перерізі  
відцентрового робочого колеса

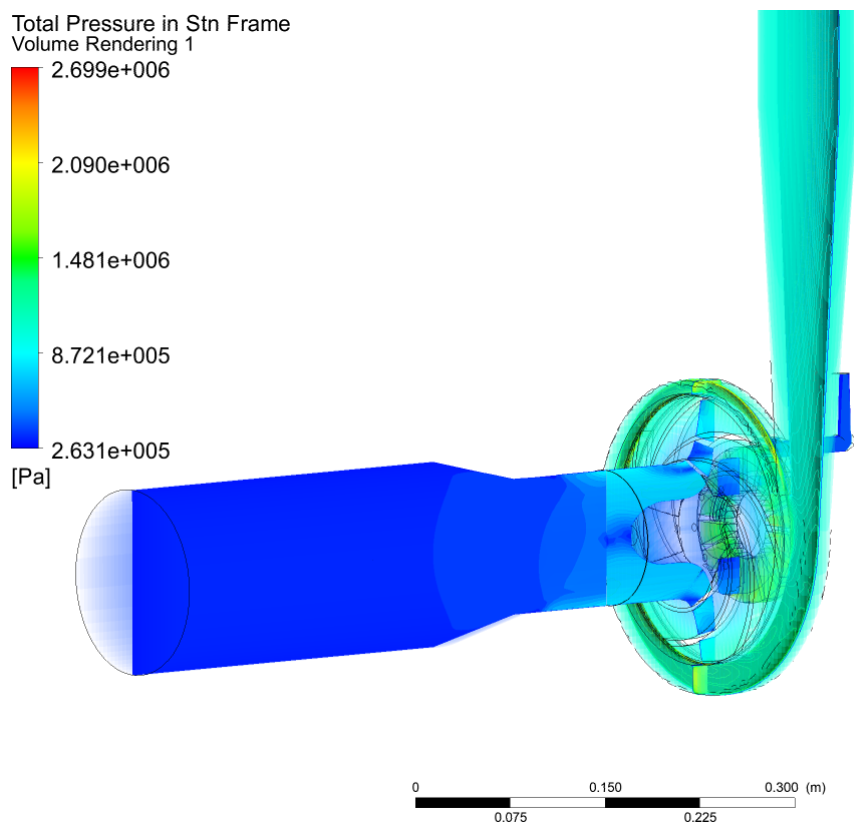


Рисунок А.3 – Розподіл тиску у меридіональному перерізі проточній частині насоса

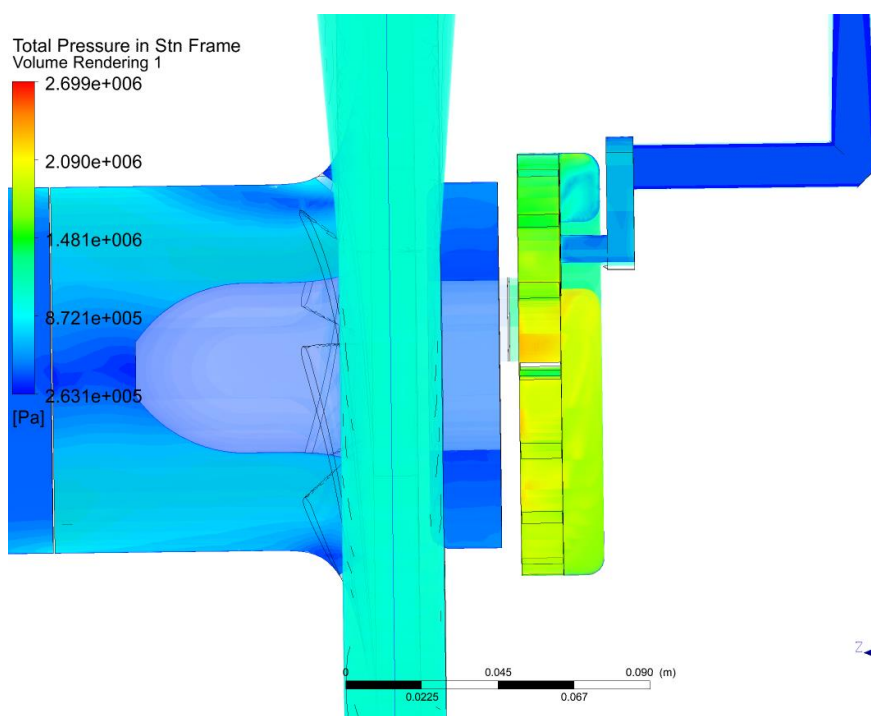


Рисунок А.4 – Розподіл тиску у меридіональному перерізі проточній частині насоса

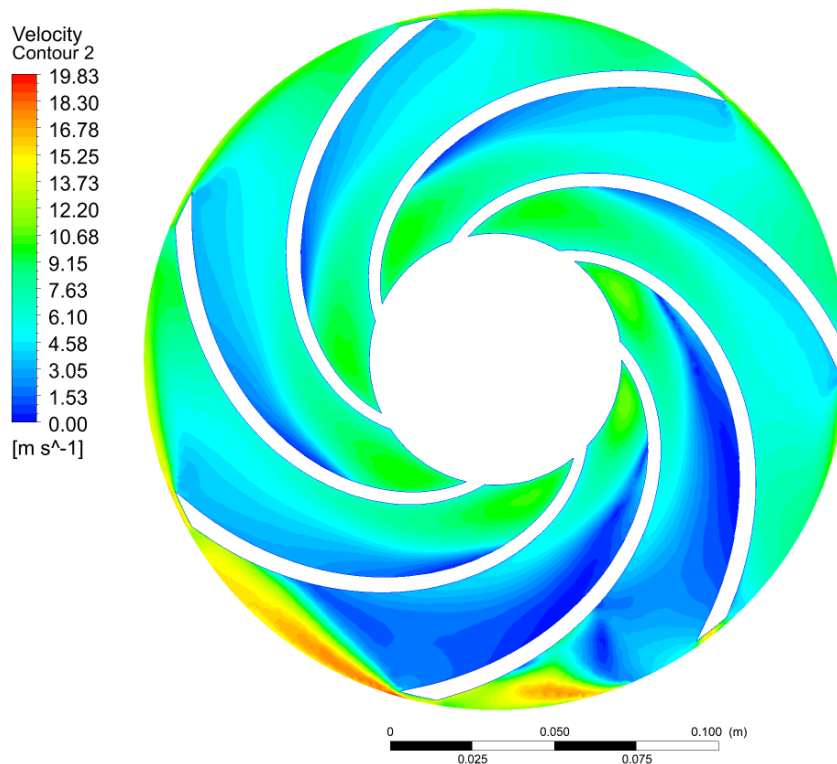


Рисунок А.5 – Розподіл відносної швидкості в міжлопатеких каналах відцентрового робочого колеса

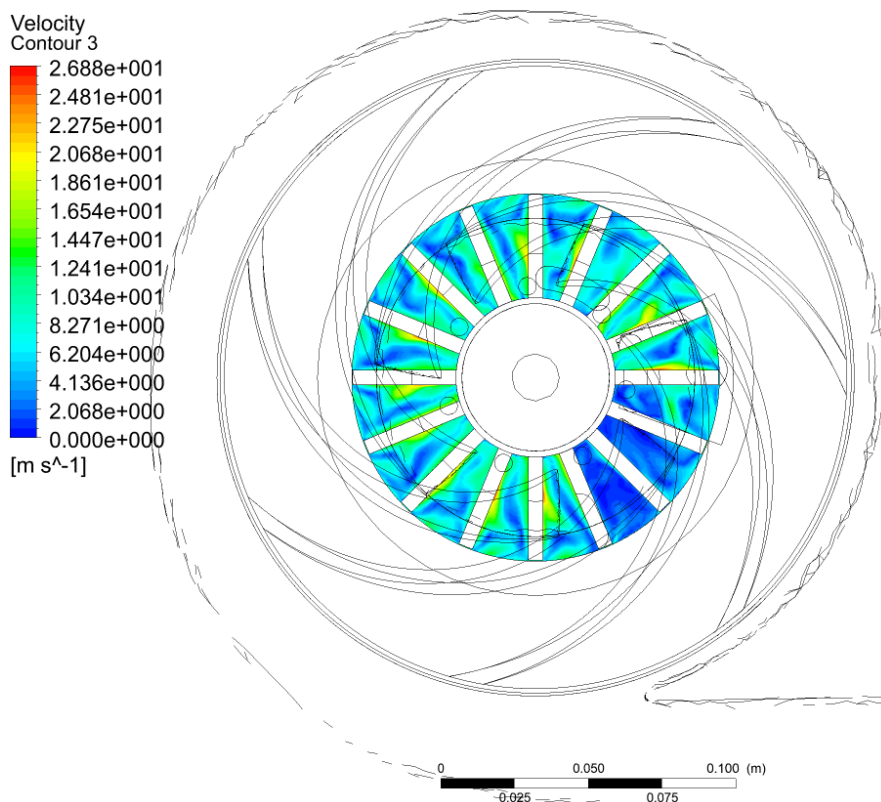


Рисунок А.6 – Розподіл відносної швидкості в міжлопатеких каналах вихрового робочого колеса (імпелера)

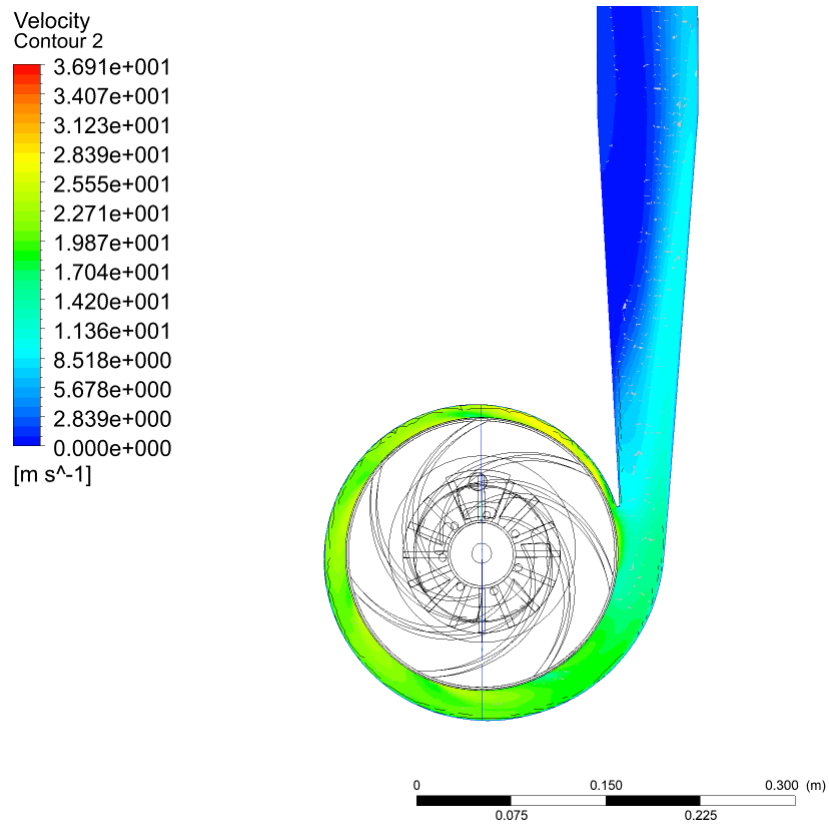


Рисунок А.7 – Якісна картина розподілу відносної швидкості у каналі відвідного пристрою

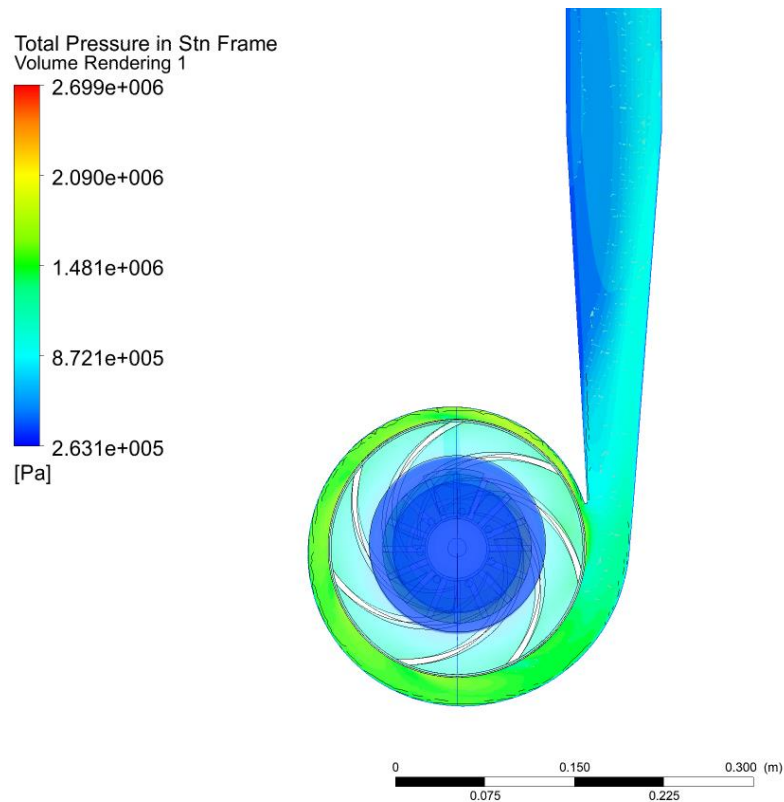


Рисунок А.8 – Якісна картина розподілу тиску у каналі відвідного пристрою

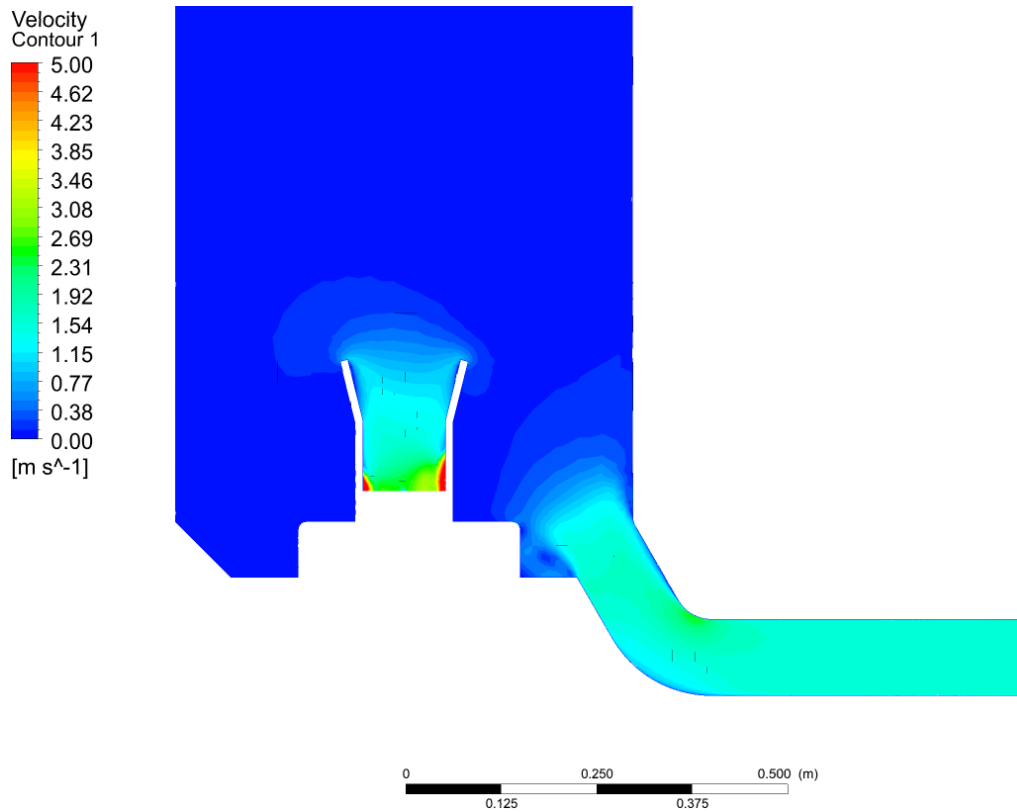


Рисунок А.9 – Якісна картина розподілу відносної швидкості у всмоктувальному резервуарі

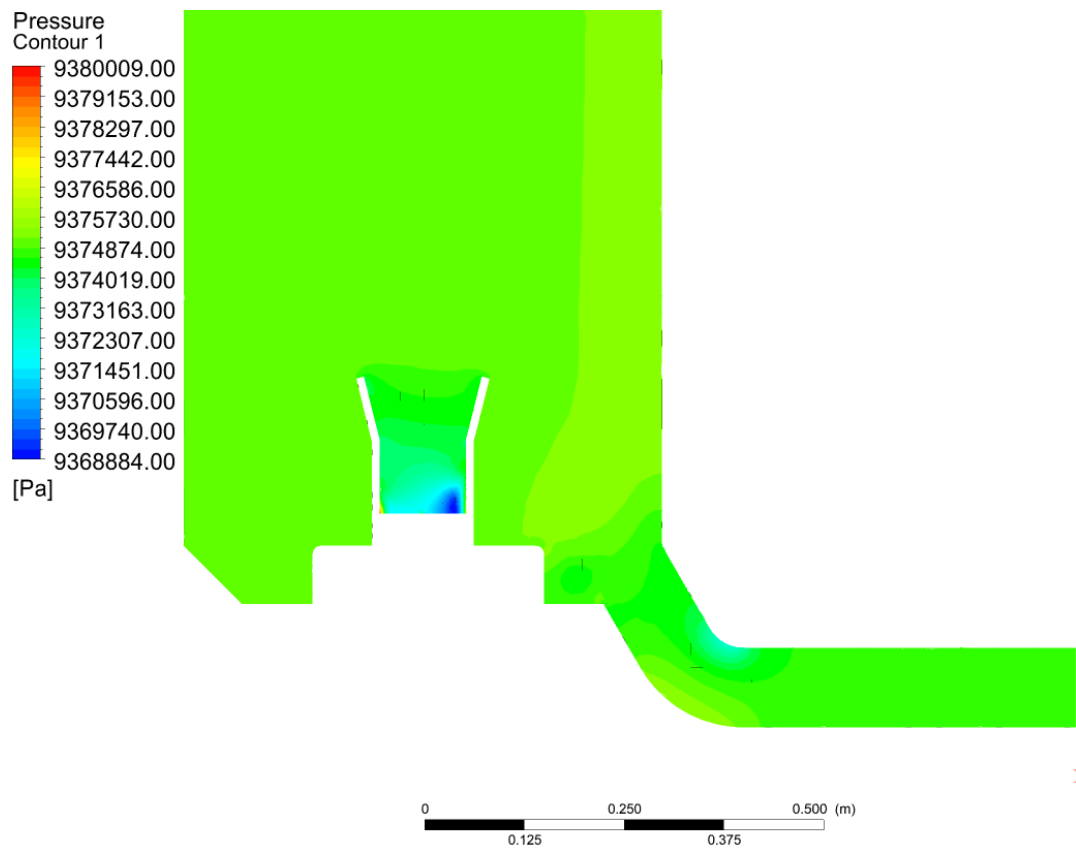


Рисунок А.10 – Якісна картина розподілу тиску у всмоктувальному резервуарі

## Додаток Б

### ПРОТОКОЛ № 1

#### параметричних випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54, спроектованої та виготовленої СумДУ у 2023 р.

м. Суми

«08» грудня 2023 г.

Комісія у складі:

**Ратушний О.В.**

к.т.н., доцент, заступник завідувача кафедри  
прикладної гідроаеромеханіки СумДУ –  
науковий керівник проекту

- голова комісії

**Рибальченко В.М.**

директор науково-експертного центру  
атомного та енергетичного машинобудування  
СумДУ – відповідальний виконавець проекту

- член комісії

**Бойченко В. В.**

Провідний інженер науково-експертного центру  
атомного та енергетичного машинобудування  
СумДУ – виконавець проекту

- член комісії

призначена розпорядженням по науково-дослідній частині СумДУ № 002-р від 04.12.2023 р.  
провела параметричні випробування проточної частини насоса НВСА 45-54.

Випробування проводились 8 грудня 2023 р. на стенді СумДУ згідно з «Програмою та  
методикою випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54» НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПМ1  
та ДСТУ ГОСТ 6134:2009.

До початку параметричних випробувань комісія розглянула наступні документи:

- технічне завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ;
- програму та методику випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54  
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПМ1;
- комплект конструкторської документації на стенд та проточну частину насоса НВСА 45-54;
- протокол результатів гідравлических випробувань стенда;
- документацію стенда та випробувального підрозділу.

За результатами проведення параметричних випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54  
комісія встановила наступне:

#### Розділ 1

##### Відповідність випробувальної проточної частини насоса НВСА 45-54 технічній документації.

- 1.1 Проточна частина насоса НВСА 45-54 випуску 2023 р., виготовлена СумДУ у відповідності з  
вимогами технічного завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ та комплексу технічної документації  
на проточну частину насоса НВСА 45-54, що розроблена СумДУ.
- 1.2 Відповідність деталей проточної частини насоса НВСА 45-54 комплексу, розробленої технічної  
документації, перевірена та підтверджена комісією і вони допущені до випробувань.

## Розділ 2

Дані та результати параметричних випробувань  
проточної частини насоса НВСА 45-54

- 2.1 Стендовий насос для випробування проточної частини насоса НВСА 45-54 виготовлений згідно комплексу документації НЕЦ.150111-01.98.000.00, розробленої СумДУ та у повній відповідності до вимог ДСТУ ГОСТ 6134:2009, встановлений на атестованому випробувальному стенді параметричних випробувань електронасосних агрегатів ПГМ-5117.00.00 кафедри ПГМ СумДУ. Вимірювальні прилади та пристрої мають діючі клейма та свідоцтва про їх повірку.
- 2.2 Випробування проводились на воді з характеристиками у відповідності з ДСТУ ГОСТ 6134:2009 та температурою води 18 – 20 °С.
- 2.3 Перед початком випробувань проведена обкатка стендового насоса у відповідності з Програмою та методикою випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54 НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПМ1. Стендовий насос на всіх режимах працював стійко та стабільно. Герметичність насоса та стенда забезпечувалась. Витоки з ущільнення були відсутні. Температура вальниць двигуна та стендового насоса була стабільною і не перевищувала 80 °С.
- 2.4 Після обкатки проведені параметричні випробування проточної частини насоса НВСА 45-54. Зняті напірна та енергетична характеристики, а також проконтрольовані на режимі, що відповідає номінальному (з відхиленням по подачі  $\pm 3\%$ ):
- подача;
  - напір;
  - частота обертів;
  - споживана потужність;
  - ККД;
  - висота самовсмоктування;
  - час від запуску стендового насоса до початку його роботи в режимі самовсмоктування.

Результати випробувань наведені в таблиці 2.1 та додатку А.

Таблиця 2.1 – Результати випробувань

Найменування показника	Значення показника	
	НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ	за результатами випробувань
Подача, м <sup>3</sup> /год	45	45
Напір, м	54	54,2
Частота обертів, об/хв	2940	2940
Споживана потужність стендового насоса (ρ=988 кг/м <sup>3</sup> ), кВт	16,5	15,3
Коефіцієнт корисної дії ККД, %	52	56
Висота самовсмоктування на холодній воді, м	4	4
Час від запуску стендового насоса до початку його роботи в режимі самовсмоктування, сек	-	43
<b>Примітка:</b> – споживана потужність та ККД стендового насоса є величинами розрахунковими і не є здавальними при випробуваннях.		



### Розділ 3

Загальна оцінка результатів параметричних випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54 та їх відповідності вимогам технічного завдання НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ

- 3.1 Технічна документація проточної частини насоса НВСА 45-54 і стендового насоса НЕЦ.150111-01.98.000.00 виконана у повному об'ємі та у відповідності вимогам ЄСКД.
- 3.2 Технічні показники рівня проточної частини насоса НВСА 45-54, отримані в результаті її параметричних випробувань, відповідають вимогам технічної документації.
- 3.3 Отримані в результаті параметричних випробувань показники якості проточної частини насоса НВСА 45-54 відповідають технічному завданню НЕЦ.150111-01.05.000.00 ТЗ, а деякі з них навіть краще заявлених проєктних значень.

### Розділ 4

Висновки та пропозиції

- 4.1 Параметричні випробування проточної частини насоса НВСА 45-54 проведені у повному обсязі згідно з Програмою та методикою випробувань НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПМ1.
- 4.2 Параметричні випробування проточної частини насоса НВСА 45-54 вважати завершеними.

#### Додатки:

Додаток А – Протокол № 1.1 параметричних випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54 – на 2 аркушах формату А4.


#### Підписи:

Голова комісії:

 **Олександр РАТУШНИЙ**

Члени комісії:

 **Володимир РИБАЛЬЧЕНКО**

 **В'ячеслав БОЙЧЕНКО**



Додаток А

## ЗАТВЕРДЖУЮ:

Голова комісії, к.т.н., доцент,  
заступник завідувача кафедри  
прикладної гідроаеромеханіки СумДУ  
науковий керівник проекту

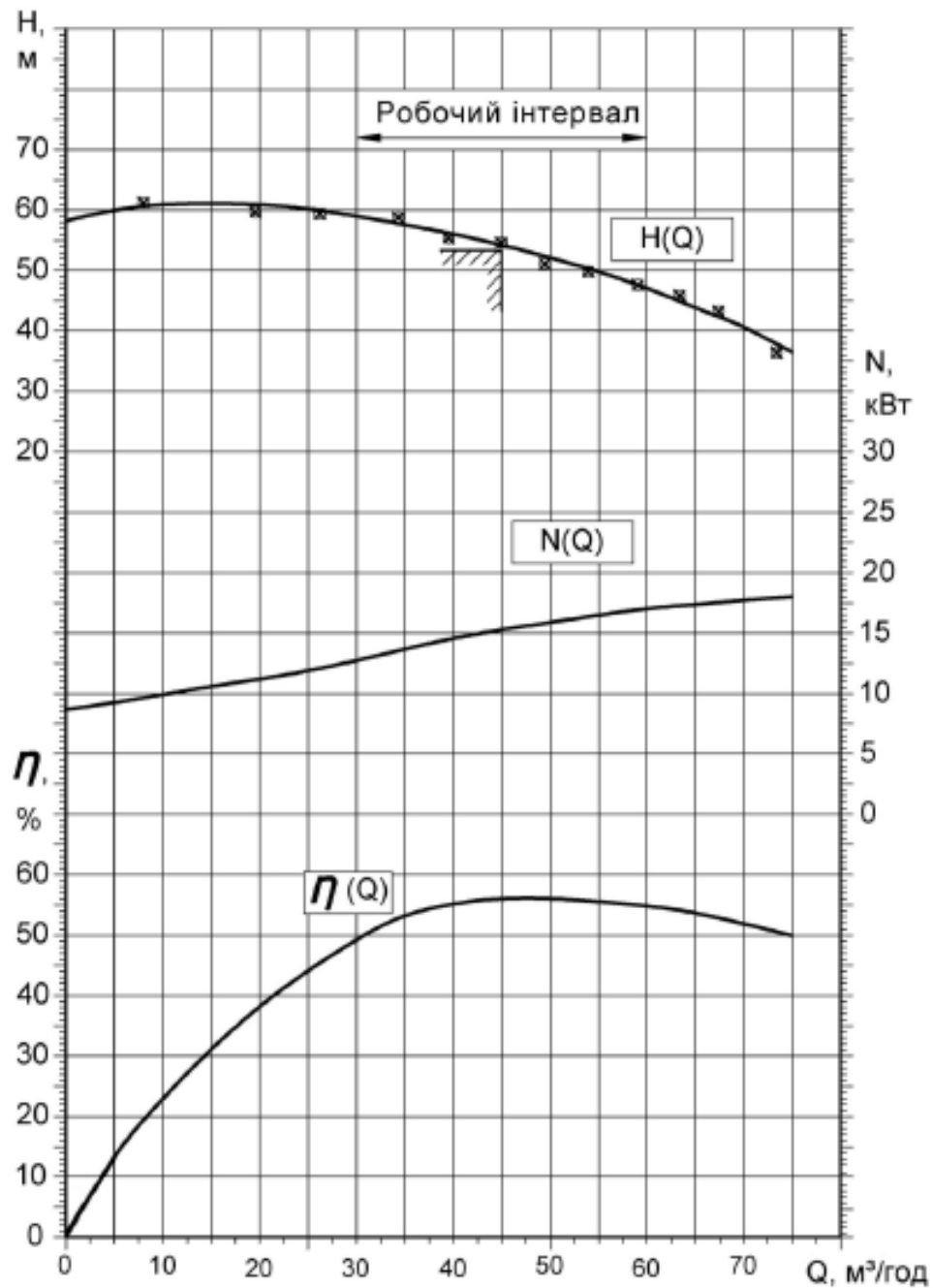
*Олександр РАТУШНИЙ*

« 08 » грудня 2023 р.



## Протокол № 1.1

параметричних випробувань проточної частини насоса НВСА 45-54  
згідно з Програмою та методикою випробувань НЕЦ.150111-01.05.000.00 ПМ1



Характеристики проточної частини насоса НВСА 45-54 при  $\rho=988 \text{ кг/м}^3$

## Продовження додатку А

Таблиця А1 – Зняті параметри для побудови напірної та енергетичної характеристик

№ режиму	Подача, м <sup>3</sup> /год	Напір насоса, м	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	Подача приведена, м <sup>3</sup> /год	Напір приведений, м	Потужність приведена, кВт	К.К.Д., %
1	0,0	58,1	8,5	2940	0,0	58,1	8,5	0,0
2	7,7	60,4	9,7	2940	7,7	60,4	9,7	20,0
3	19,9	60,5	11,4	2940	19,9	60,5	11,5	38,5
4	25,8	59,8	12,6	2940	25,8	59,8	12,6	45,6
5	34,7	58,3	13,2	2940	34,7	58,3	13,2	53,2
6	39,9	56,2	14,1	2940	39,9	56,2	14,1	55,1
7	45,0	54,2	15,3	2940	45,0	54,2	15,3	56,0
8	49,8	52,1	15,6	2940	49,8	52,1	15,6	55,9
9	54,7	50,0	15,9	2940	54,7	50,0	15,9	55,6
10	58,2	47,0	16,5	2940	58,2	47,0	16,5	55,2
11	63,7	45,2	17,3	2940	63,7	45,2	17,3	54,4
12	67,4	43,3	17,6	2940	67,4	43,3	17,6	53,3
13	73,7	37,1	17,9	2940	73,7	37,1	17,9	52,4

Таблиця А.2 – Прилади

Вимірюваний параметр	На'менування та позначення приладу	Клас точності	Нижня межа вимірювань	Верхня межа вимірювань
Подача	Витратомір-лічильник ультразвуковий портативний УРСВ «ВЗЛЕТ ПР»	Похибка 0,1 %	0	1000 м <sup>3</sup> /год
Тиск на вході	Манометр зразковий МО 1227	0,15	0	1,6 кгс/см <sup>2</sup>
Тиск на виході	Манометр зразковий МО 1226	0,15	0	4,0 кгс/см <sup>2</sup>
Потужність електрична	Мультиметр ДМК-21	0,1	Визначається використовуючи шкалу	
Частота обертання	Віброметр СМ-21	0,2	120 об/хв	39000 об/хв
Температура	Віброметр СМ-21	Похибка 0,1 °С	- 40 °С	350 °С
Час	Секундомір механічний "АГАТ" СОППР-2А-2-010 (ОДНОКНОПКОВИЙ)	Похибка ± 1 сек за 30 хв	0 сек	-

Випробування та розрахунки  
виконав провідний інженер  
НЕЦ АЕМ СумДУ



**В'ячеслав БОЙЧЕНКО**

## Додаток В

### Фотографії макетних елементів проточної частини



Рисунок Б.1 – Колесо робоче



Рисунок Б.2 – Імпелер



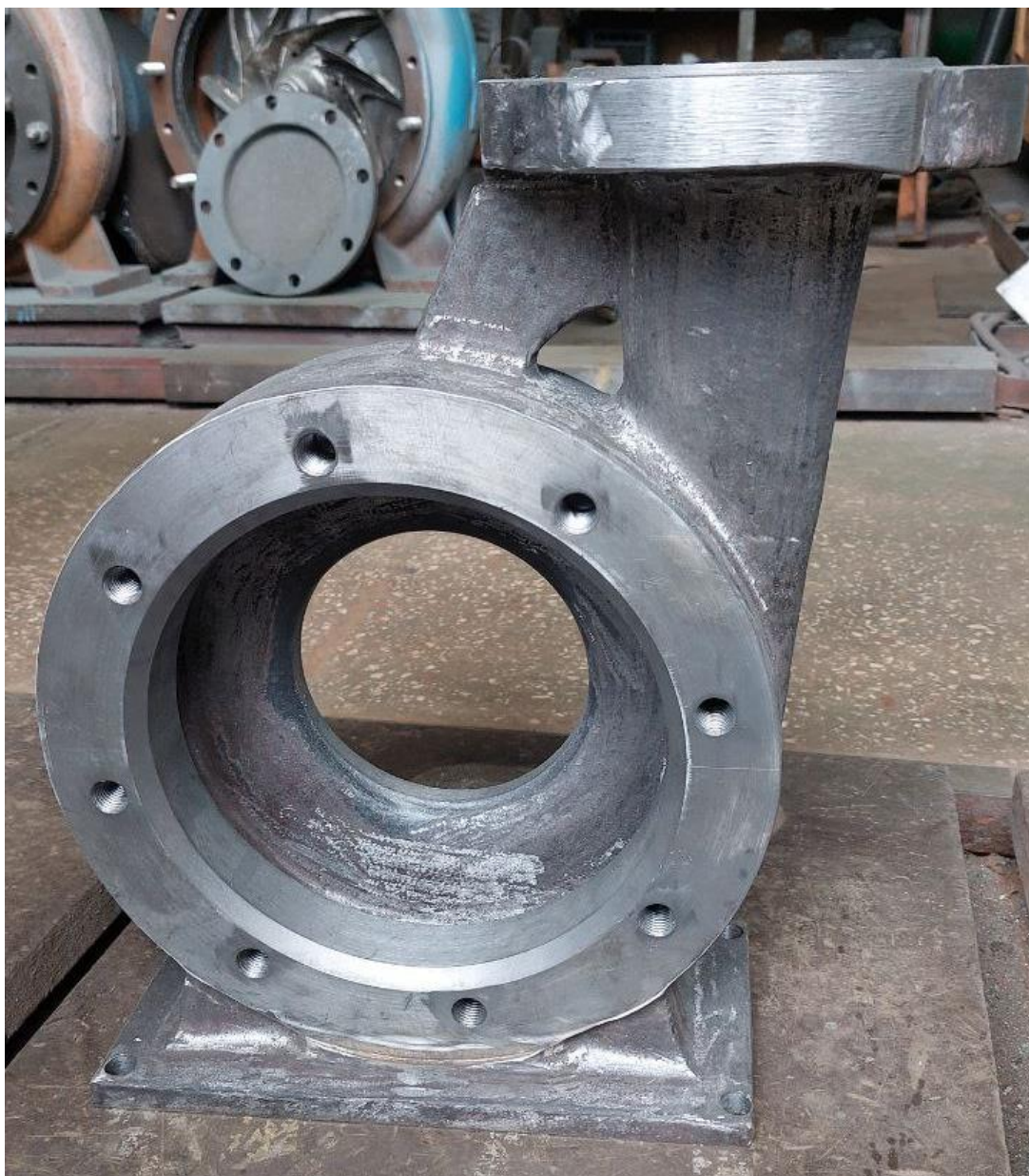
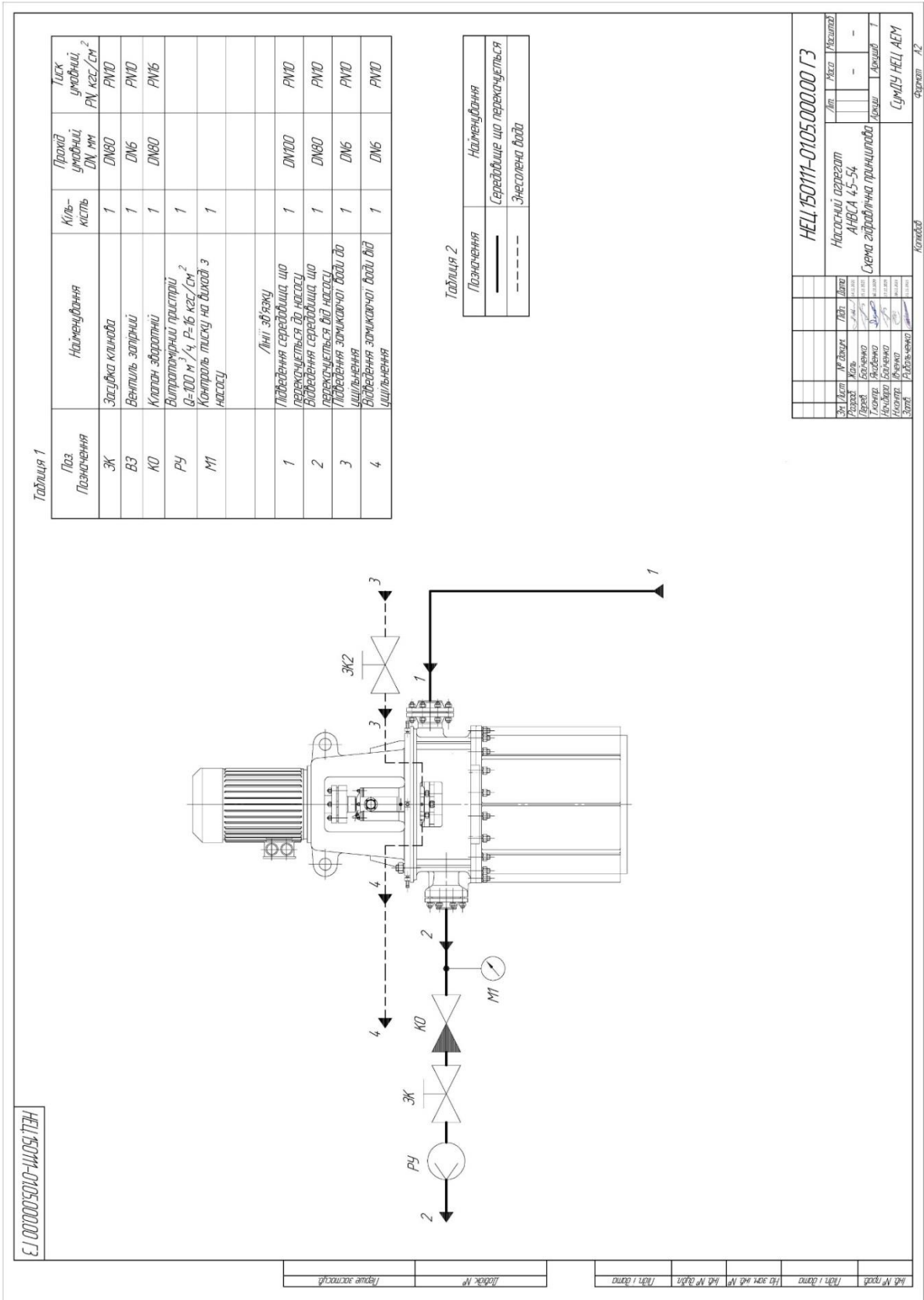


Рисунок Б.3 – Корпус стендовый

## Додаток Г (обов'язковий)

### Насосний агрегат АНВСА 45-54. Схема гідравлічна принципова



## Додаток Д (обов'язковий)

### Насосний агрегат АНВСА 45-54. Завдання на фундамент

17 00.00.05.010-1105.ПЗ

A-A

Таблиця 1 – Навантаження на патрубку

Назва навантаження	Позначка навантаження	НЄ		НЄ + ПЗ	
		Вхідний патрубков	Напірний патрубков	Вхідний патрубков	Напірний патрубков
Сила, кН	Fx	14,2	1,07	17	1,28
	Fy	1,78	1,33	2,14	1,6
	Fz	1,16	0,89	1,39	1,07
	Fr	2,56	1,93	3,1	2,32
Момент, кНм	Mx	1,33	0,59	1,6	1,14
	My	0,69	0,47	0,82	0,56
	Mz	1,00	0,72	1,2	0,86
	Mr	18	1,28	2,16	1,54

1. Статична податливість верхньої частини фундаменту має перевищувати 2 мм/м в усіх напрямках.
2. Агрегат встановлювати відповідно до монтажного креслення НЄЦ 150111-0105.000.000 МК інструкції з експлуатації НЄЦ 150111-0105.000.000 ІЕ.
3. НЄ – нормальні умови експлуатації.
4. ПЗ – проектний землетрус.

№	Вид	№	Вид	№	Вид

НЄЦ 150111-0105.000.000 Д1

Насосний агрегат  
АНВСА 45-54

Завдання на фундамент

Архив: Архив

Схем: НЄЦ АЕМ

Копія: Формат А1

## Додаток Е

(обов'язковий)

### Відомість експлуатаційних документів НЕЦ.150111-01.05.000.00 ВЕ

Перелік технічної документації, що поставляється комплектно з насосним агрегатом АНВСА 45-54 представлений в таблиці 1.				
Таблиця 1				
Позначення документа	Найменування документа	Кількість, экз., шт.	Номер экз.	Місцезнаходження
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ВЕ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Відомість експлуатаційних документів			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ІЕ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Інструкція з експлуатації			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ГЗ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Схема гідравлічна принципова			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ДІ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Завдання на фундамент			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 І	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Інструкція з консервації, пакування, транспортування і зберігання			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ЗІ	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Відомість запасних частин			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ІС	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Паспорт			
НЕЦ.150111-01.05.000.00	Насосний агрегат АНВСА 45-54			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 МК	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Монтажний кресленняк			
НЕЦ.150111-01.05.001.00	Насос НВСА 45-54			
НЕЦ.150111-01.05.001.00 СК	Насос НВСА 45-54. Складальний кресленняк			
НЕЦ.150111-01.05.011.00	Ротор			
НЕЦ.150111-01.05.011.00 СК	Ротор Складальний кресленняк			
НЕЦ.150111-01.05.000.00 В	Насосний агрегат АНВСА 45-54. Виписка з розрахунків на міцність і сейсмосійкість			

НЕЦ.150111-01.05.000.00 ВЕ	
Насосний агрегат АНВСА 45-54.	Літ. Аркуш Аркушів
Відомість експлуатаційних документів	2 2
НЕЦ АЕМ СумДУ	
Формат А3	

## Додаток Ж

(обов'язковий)

## Відомість запасних частин НЕЦ.150111-01.05.000.00 ЗІ

Позначення запасної частини	Код продукції	Найменування запасної частини	Місце укладки	Застосовність	Кількість в виробі, шт.	Кількість в комплекті, шт.	Примітка
		Складові частини власного виробництва <sup>1)</sup>					
		Деталі					
НЕЦ.150111-01.05.001.06		Прокладка		НЕЦ.150111-01.05.001.00	1	2	
НЕЦ.150111-01.05.001.07		Прокладка		НЕЦ.150111-01.05.001.00	1	2	
НЕЦ.150111-01.05.011.01		Кільце шліпне		НЕЦ.150111-01.05.007.00 НЕЦ.150111-01.05.001.00	1 1	2	
		Покупні виробі та їх складові частини					
		Стандартні виробі					
		Кільця ГОСТ 9833-73/51-1481 Рад					
		ТУ У 25.1-21127561-004:2008:					
		068-072-25-2		НЕЦ.150111-01.05.001.00	1	2	
		220-230-58-2		НЕЦ.150111-01.05.001.00	1	2	
		610-632-85-2		НЕЦ.150111-01.05.001.00	1	2	
		Манжета 2.1-40x60-1 ГОСТ 8752-79		НЕЦ.150111-01.05.005.00 НЕЦ.150111-01.05.006.00	2 1	3	
		Вальцья 60309 ГОСТ 7242-81		НЕЦ.150111-01.05.005.00	1	1	
		Вальцья 46309 ГОСТ 831-75		НЕЦ.150111-01.05.005.00	2	2	
		Кільце К-3 МУВП 35x18x9x4,5		НЕЦ.150111-01.05.012.00	24	24	
		ТУ 2500-37600152106-9424					

<sup>1)</sup> Запасні частини до комплектуючих виробів, що входять до цього електронасосного агрегату, поставляються відповідно до технічної документації на їхнє постачання.

№	Лист	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.	Ж.аль.	Л/П/З	Л/П/З	Л/П/З
Черв'як	Бойченко	Л/П/З	Л/П/З	Л/П/З
Н.констр.	Сотник	Л/П/З	Л/П/З	Л/П/З
Т.констр.	Івченко	Л/П/З	Л/П/З	Л/П/З
Затв.	Рубальченко	Л/П/З	Л/П/З	Л/П/З

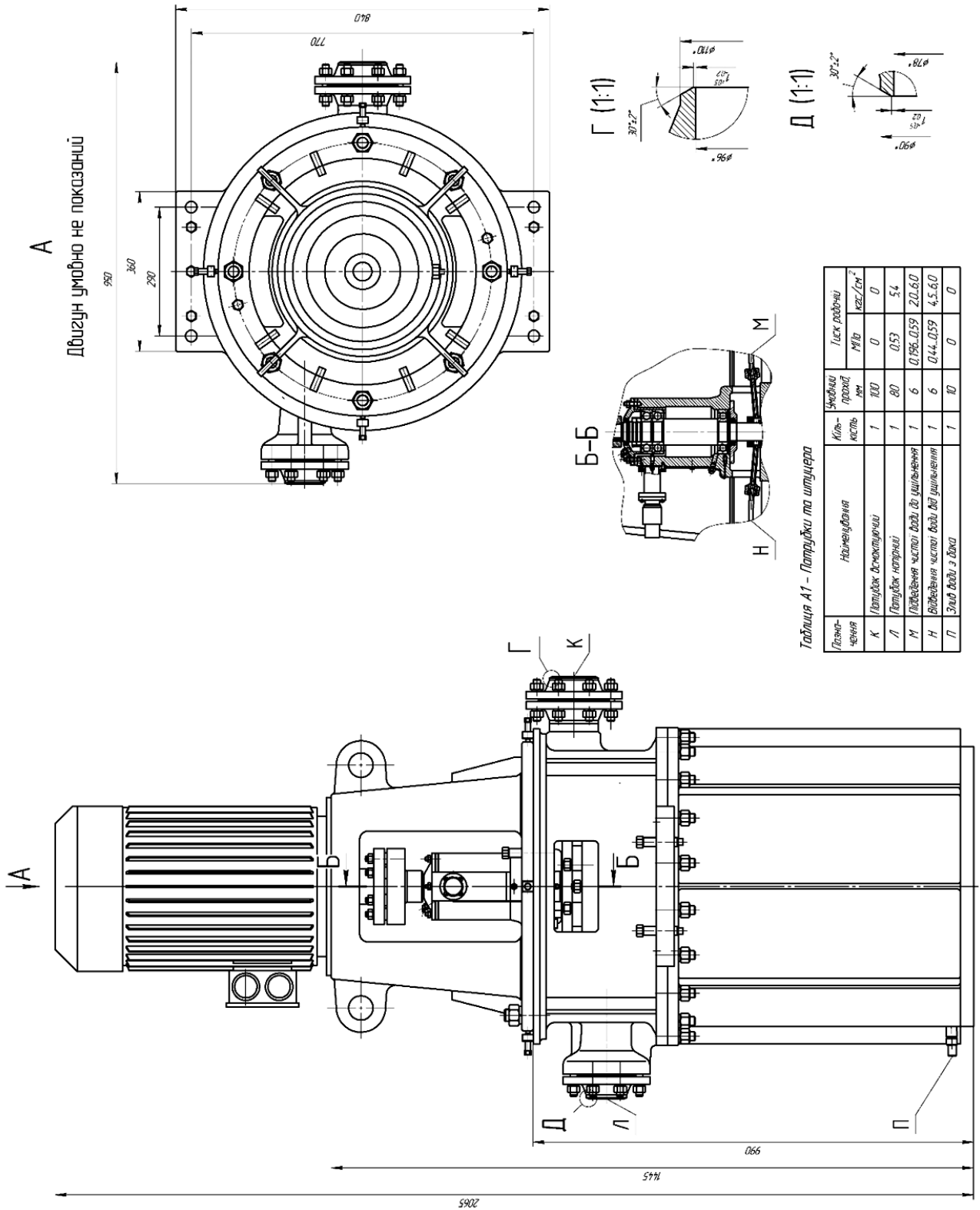
НЕЦ.150111-01.05.000.00 ЗІ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Насосний агрегат АНВСА 45-54.		2	3
Відомість запасних частин	НЕЦ АЕМ СумДУ		

Формат АЗ



Додаток З  
(довідковий)

Габаритне креслення насосного агрегату АНВСА 45-54



Таблиця А1 – Патрубки та штуцера

Позначення	Найменування	Кількість	Умовні проміжки	Тиск робочий	
				МПа	кгс/см <sup>2</sup>
К	Патрубок діаметром 100	1	100	0	0
Л	Патрубок діаметром 80	1	80	0,153	5,4
М	Патрубок діаметром 60	1	60	0,196, 0,159	2,0, 6,0
Н	Штуцер діаметром 60	1	60	0,44, 0,159	4,5, 6,0
П	Штуцер діаметром 45	1	45	0	0

## Додаток К

**Перелік креслеників робочого проєкта на агрегат насосний  
АНВСА 45-54, що знаходяться в теці «Агрегат насосний  
АНВСА 45-54 НЕЦ.150111-01.05.000.00 РОБОЧИЙ ПРОЄКТ (комплект  
робочих креслеників)»**

№ з/п докум.	Позначення документу	Найменування документу	Формат документу та к-ть аркушів
1	2	3	4
<b>1. Комплект робочих креслеників</b>			
1.1	НЕЦ.150111-01.05.000.00	Агрегат АНВСА 45-54 (специфікація монтажного кресленника)	A4 (2 аркуші)
1.2	НЕЦ.150111-01.05.000.00МК	Агрегат АНВСА 45-54 (монтажний кресленик)	A1 (1 аркуш)
1.3	НЕЦ.150111-01.05.000.01	Кронштейн настановний	A4 (1 аркуш)
1.4	НЕЦ.150111-01.05.001.00	Насос НВСА 45-54 (специфікація складального кресленника)	A4 (4 аркуші)
1.5	НЕЦ.150111-01.05.001.00СК	Насос НВСА 45-54 (складальний кресленик)	A1 (1 аркуш)
1.6	НЕЦ.150111-01.05.001.00ТБ1	Таблиця контролю якості матеріалів	A1, A3x4, A3x4 (3 аркуші)
1.7	НЕЦ.150111-01.05.001.00ТБ2	Таблиця контролю якості зварювання	A1, A3, A4x3, A4x4 (4 аркуші)
1.8	НЕЦ.150111-01.05.001.01	Ліхтар (кресленик)	A1 (1 аркуш)
1.9	НЕЦ.150111-01.05.001.03	Корпус імелера (кресленик)	A1 (1 аркуш)
1.10	НЕЦ.150111-01.05.001.04	Фланець Ду100 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.11	НЕЦ.150111-01.05.001.05	Фланець Ду80 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.12	НЕЦ.150111-01.05.001.08	Сепаратор (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.13	НЕЦ.150111-01.05.001.09	Шпилька М10 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.14	НЕЦ.150111-01.05.001.10	Гайка М10 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.15	НЕЦ.150111-01.05.001.11	Шайба 10 (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.16	НЕЦ.150111-01.05.001.12	Шпилька М16 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.17	НЕЦ.150111-01.05.001.13	Гайка М16 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.18	НЕЦ.150111-01.05.001.14	Шайба 16 (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.19	НЕЦ.150111-01.05.001.15	Шпилька М20 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.20	НЕЦ.150111-01.05.001.16	Гайка М20 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.21	НЕЦ.150111-01.05.001.17	Шайба 20 (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.22	НЕЦ.150111-01.05.001.18	Гвинт М8 (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.23	НЕЦ.150111-01.05.001.37	Гайка накидна (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.24	НЕЦ.150111-01.05.001.38	Ніпель (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.25	НЕЦ.150111-01.05.002.00	Бак (специфікація складального кресленника)	A4 (1 аркуш)
1.26	НЕЦ.150111-01.05.002.00СК	Бак (складальний кресленик)	A1 (1 аркуш)
1.27	НЕЦ.150111-01.05.002.01	Фланець (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.28	НЕЦ.150111-01.05.002.02	Обичайка (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.29	НЕЦ.150111-01.05.002.03	Диск (кресленик)	A2 (1 аркуш)

1.30	НЕЦ.150111-01.05.002.04	Кільце (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.31	НЕЦ.150111-01.05.002.05	Кільце (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.32	НЕЦ.150111-01.05.002.06	Ребро (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.33	НЕЦ.150111-01.05.002.07	Ребро (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.34	НЕЦ.150111-01.05.002.08	Штуцер (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.35	НЕЦ.150111-01.05.003.00	Корпус (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.36	НЕЦ.150111-01.05.003.00	Корпус (складальний кресленик)	A1, A2 (2 аркуші)
1.37	НЕЦ.150111-01.05.005.00	Кронштейн (специфікація складального кресленика)	A4 (2 аркуші)
1.38	НЕЦ.150111-01.05.005.00СК	Кронштейн (складальний кресленик)	A1 (1 аркуш)
1.39	НЕЦ.150111-01.05.005.01	Кронштейн (кресленик)	A1x2 (1 аркуш)
1.40	НЕЦ.150111-01.05.005.02	Стакан (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.41	НЕЦ.150111-01.05.005.03	Кришка передня (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.42	НЕЦ.150111-01.05.005.04	Кришка задня (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.43	НЕЦ.150111-01.05.005.05	Прокладка передня (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.44	НЕЦ.150111-01.05.005.06	Прокладка задня (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.45	НЕЦ.150111-01.05.006.00	Кришка ущільнення (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.46	НЕЦ.150111-01.05.006.00СК	Кришка ущільнення (складальний кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.47	НЕЦ.150111-01.05.006.01	Ніпель (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.48	НЕЦ.150111-01.05.006.02	Гайка накидна (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.49	НЕЦ.150111-01.05.016.00	Кришка ущільнення (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.50	НЕЦ.150111-01.05.016.00СК	Кришка ущільнення (складальний кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.51	НЕЦ.150111-01.05.016.01	Кришка ущільнення (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.52	НЕЦ.150111-01.05.016.02	Штуцер (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.53	НЕЦ.150111-01.05.007.00	Кришка імелера (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.54	НЕЦ.150111-01.05.007.00СК	Кришка імелера (складальний кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.55	НЕЦ.150111-01.05.007.01	Кришка (кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.56	НЕЦ.150111-01.05.007.02	Кільце щілинне (кресленик)	A4x3 (1 аркуш)
1.57	НЕЦ.150111-01.05.008.00	Вхідний конус (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.58	НЕЦ.150111-01.05.008.00СК	Вхідний конус (складальний кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.59	НЕЦ.150111-01.05.008.01	Фланець (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.60	НЕЦ.150111-01.05.008.02	Обичайка (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.61	НЕЦ.150111-01.05.008.03	Конус (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.62	НЕЦ.150111-01.05.009.00	Труба імелера (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.63	НЕЦ.150111-01.05.009.00СК	Труба імелера (складальний	A3 (1 аркуш)

		кресленик)	
1.64	НЕЦ.150111-01.05.009.02	Фланець імелера (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.65	НЕЦ.150111-01.05.009.04	Прокладка (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.66	НЕЦ.150111-01.05.011.00	Ротор (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.67	НЕЦ.150111-01.05.011.00СК	Ротор (складальний кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.68	НЕЦ.150111-01.05.011.01	Колесо робоче (кресленик)	A3x3 (1 аркуш)
1.69	НЕЦ.150111-01.05.011.02	Імпелер (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.70	НЕЦ.150111-01.05.011.03	Обтікатиль (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.71	НЕЦ.150111-01.05.011.04	Шайба стопорна (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.72	НЕЦ.150111-01.05.011.05	Вал (кресленик)	A4x4 (1 аркуш)
1.73	НЕЦ.150111-01.05.011.06	Кільце настановочне (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.74	НЕЦ.150111-01.05.012.00	Муфта (специфікація складального кресленика)	A4 (1 аркуш)
1.75	НЕЦ.150111-01.05.012.00СК	Муфта (складальний кресленик)	A2 (1 аркуш)
1.76	НЕЦ.150111-01.05.012.01	Напівмуфта насоса (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.77	НЕЦ.150111-01.05.012.02	Напівмуфта двигуна (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.78	НЕЦ.150111-01.05.012.03	Палець (кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.79	НЕЦ.150111-01.05.012.04	Кільце розпірне (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.80	НЕЦ.150111-01.05.012.05	Кільце (кресленик)	A4 (1 аркуш)
1.81	НЕЦ.150111-01.01.178.00	З'єднувач УЗНЦ2 (специфікація складального кресленика)	A4 (2 аркуші)
1.82	НЕЦ.150111-01.01.178.00СК	З'єднувач УЗНЦ2 (складальний кресленик)	A3 (1 аркуш)
1.81	НЕЦ.150111-01.01.178.01	Стакан (кресленик)	A3 (1 аркуш)

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ПНАЕ Г-7-002-86. Норми розрахунку на міцність обладнання та трубопроводів атомних енергетичних установок.
2. НП 306.2.227-2020. Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання й трубопроводів атомних станцій.
3. СОУ НАЕК 158:2020. Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до влаштування та безпечної експлуатації обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЭР.
4. СОУ НАЕК 159:2020. Забезпечення технічної безпеки. Зварювання та наплавлення обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги.
5. СОУ НАЕК 160:2020. Забезпечення технічної безпеки. Контроль якості основного металу, зварних з'єднань та наплавок обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги.
6. НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій.
7. НП 306.2.208-2016. Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій.
8. СОУ НАЕК 077:2020. Управління закупівлями продукції «ТЕХНІЧНІ УМОВИ», «ТЕХНІЧНІ СПЕЦИФІКАЦІЇ» ТА «ТЕХНІЧНІ ЗАВДАННЯ» на продукцію для АЕС. Порядок розроблення, розгляду, погодження та поводження.
9. СОУ НАЕК 081:2021. Управління закупівлями продукції. Система оцінки відповідності продукції. Випробування та приймання продукції для ЯУ.
10. СОУ НАЕК 001:2019 Управління документацією. Система документації ДП «НАЕК «Енергоатом». Загальні положення.
11. ДСТУ 1.5:2015. Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів.
12. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006. Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи.

13. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення.
14. ДСТУ 3278-95. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення.
15. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
16. ДСТУ 3974-2000. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення.
17. ДСТУ-Н 4486:2005. Система конструкторської документації. Настанови щодо типової побудови технічних умов.
18. ДСТУ 2.104:2006. Єдина система конструкторської документації. Основні написи.