

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

ВИПУСКНА РОБОТА

на тему:

Розробка уніфікованого насосу, для перекачування хімічноактивних забруднених рідин з параметрами $Q=150$ м³/год, $H=28$ м.

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика»)

Виконавець роботи

Щербак Єгор Ігорович

прізвище, ім'я, по-батькові

підпис, дата

Науковий керівник

к.т.н., доцент

науковий ступінь, учене звання

Панченко В.О.

прізвище, ім'я, по-батькові

підпис, дата

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних
технологій Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»
Освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика»

Гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач
кафедри
прикладної
_____ Сотник М.І.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до випускної роботи бакалавра студенту

Щербаку Єгору Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи - «Розробка одноступеневого консольного насоса»**
затверджена наказом по університету від ___ " ___ " _____ 20__ р. № _____
- 2. Термін здачі студентом закінченої роботи** .2023 р.
- 3. Вихідні дані до проекту:**
параметри насосу:
подача насоса $Q_n = 150 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_n = 28 \text{ м}$, частота обертів
 $n_n = 1470 \text{ об/хв}$.
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити):**
гідравлічні розрахунки, розрахунки з вибору електродвигуна, розрахунки на міцність, розрахунки з вибору підшипників.
- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**
креслення робочого колеса (А1), складальне креслення насосу (А1), теоретична креслення відводу (А1), креслення ротору (А1).

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика консольних насосів		
2	Вибір конструктивної схеми насоса		
3	Опис конструкції вибраного насоса		
4	Гідравлічні розрахунки		
5	Теоретичне креслення робочого колеса		
6	Виконання розділу «Охорона праці»		
7	Виконання економічного розділу		
8	Оформлення звіту з практики		
9	Розрахунки з вибору електродвигуна		
10	Розрахунок кінцевого ущільнення		
11	Розрахунки на міцність		
12	Розрахунки з вибору підшипників		
13	Креслення робочого колеса		
15	Складальне креслення насоса		
17	Оформлення РПЗ та графічних матеріалів		
18	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок.		
19	Перевірка роботи на плагіат.		
20	Час для попереднього захисту. Підготовка доповіді до захисту.		
21	Розміщення роботи в репозитарій. Отримання рецензії.		
22	Захист роботи в ЕК (згідно графіка захисту).		

Дата видачі завдання – 0 .0 .2023 р.

Студент _____

(підпис)

Керівник _____

(підпис)

Панченко В.О.

(прізвище, ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	4
2. ОСНОВНІ ПРОЦЕСИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....	7
3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	22
4. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА.....	23
5 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО КОЛЕСА.....	26
6. РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ СПІРАЛЬНОГО ВІДВОДУ	33
7. РОЗРАХУНОК ANSYS	36
8. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	45
9. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	61

<i>Изм.</i>		<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Щербак			Розробка одноступеневого консольного насоса		
<i>Провер.</i>		Панченко					
						4	60
<i>Н. Контр.</i>					ГМ-91-1		
<i>Утверд.</i>							

1. Вступ

Цукрова промисловість - одна з найстаріших та найважливіших галузей харчової промисловості, продукція якої до 1914 року, поряд із зерном, була найважливішим предметом експорту. Була одним із основних локомотивів індустріальної революції в Україні.

В Україні цукор виробляється в основному із цукрових буряків. З середини 1950-х років дещо більше (тепер до 35%), кількість — також із цукрової тростини, що привозиться з Куби. Більше половини цукру в Україні споживає населення, частина становить сировину для низки галузей харчової промисловості.

Україна у світовому експорті цукру

За даними УВТА, в 2020 році Україна займала 35-е місце серед світових експортерів білого цукру, поставивши на зовнішній ринок на \$59 млн продукту. Для порівняння, лідери світової індустрії реалізують цукри на мільярди доларів на рік. Зокрема, найбільший експортер Бразилія минулого року продала його на \$8,7 млрд. ТОП-трійка — Бразилія, Індія та Таїланд — утримувала 65% світового експорту цукру (у грошовому вираженні). Якщо проаналізувати в ретроспективі, то за останні 7 років Україна збільшувала продажі цукру за кордон у 2016-2018 роках. Це сталося з низки причин. Як пояснив директор НВЦ «Бурячноцукрове виробництво» Олександр Коротинський, у 2014-2015 роках під впливом сприятливої світової кон'юнктури українські заводи наростили виробництво цукру. Але після окупації українських територій споживання солодкого продукту в країні впало, почали формуватись великі перехідні залишки.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

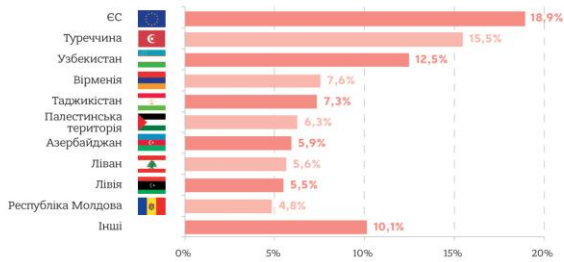


ЦУКОР БІЛИЙ

НАЙБІЛЬШІ ЕКСПОРТЕРИ І ПОЗИЦІЯ УКРАЇНИ У 2020 РОЦІ

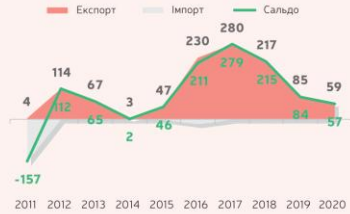


ТОП-10 ІМПОРТЕРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ



7 кількість експортних ринків
26 частка на світовому ринку
0.30%
93 кількість експортерів

УКРАЇНА: ДИНАМІКА ТОРГІВЛІ, МЛН \$



СВІТ: ДИНАМІКА ЕКСПОРТУ, МЛРД \$



Рис.1

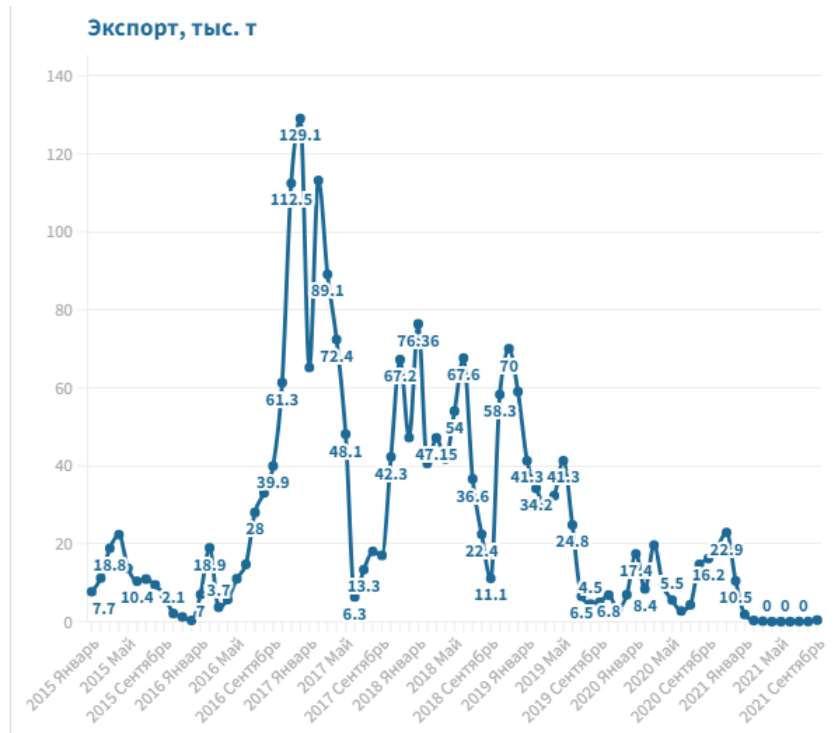


Рис.2

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

За оцінками Олександра Коротинського, внутрішнє споживання цукру в Україні становить 1,4 млн т. З огляду на те, що щорічно країна випускає 1,6-2 млн т цього продукту на рік, для зовнішніх продажів залишається 0,2-0,6 млн т. У 2020 р. Україна продала за кордон 150 тис. т цукру, а за період із січня по вересень 2021 р. — лише 2,6 тис. т, тому що солодкий продукт сильно подорожчав і став неконкурентоспроможним на зовнішньому ринку. Крім того, його не вистачало на внутрішньому ринку і країна імпортувала цукор-сирець для доопрацювання. За оцінками Олександра Коротинського, експорт цукру з України 2021 р. становитиме приблизно 15-20 тис. т.

За даними митної статистики, цього року країна закупила за кордоном 123 тис. т цукру-сирцю. Незважаючи на те, що амбіції України на світовому ринку цукру є досить скромними, у зовнішній торгівлі є й певні досягнення. За даними УВТА, за останні 10 років Україна розширила географію продажу цукру, збільшивши кількість країн-покупців з 7 до 26. У 2020 р. найбільшим імпортером українського цукру був ЄС. Тобто, вітчизняний продукт відповідає жорстким вимогам європейських покупців. Що, зрозуміло, з найкращого боку характеризує українських виробників.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. ОСНОВНІ ПРОЦЕСИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Дифузія

Цукор, що міститься в буряку, витягується шляхом екстракції (дифузії). Буряк нарізають на невеликі шматочки за допомогою бурякорізки. Буряк подається в дифузійний апарат разом з гарячою водою при температурі 750°C.

В процесі дифузії утворюється сирий (дифузійний) сік, а м'якоть, яка залишається після відділення соку, називається жом. Жом пресується до вмісту сухої речовини 22% і використовується як корм для худоби. Водний вміст соку повертається в процес дифузії. Дифузійний сік направляється на рафінацію.

Рафінування дифузійного соку.

Основні операції.

-Попереднє бродіння.

Метою попередньої ферментації є нейтралізація кислот у дифузійному соку, а також коагуляція та осадження більшості колоїдів та інших нецукрів. Процес попередньої ферментації створює умови, придатні для коагуляції (рН нижче 11,0), шляхом поступового підвищення лужності за рахунок безперервного додавання вапна, що дозволяє дуже легко фільтрувати І-насичений сік, тобто завершити ланцюжок процесів попередньої ферментації. додавання концентрованої суспензії І-насиченого соку в області рН <10 частинки флокулянта і осаджені іони Ca²⁺ об'єднуються з частинками, що повертаються, які містять CaCO₃, утворюючи сильнішу флокуляцію, що призводить до більш легкого фільтрування осаду. Тут відбувається реакція коагуляції-осадження, де іони Ca²⁺ реагують з аніонами, такими як щавлева, лимонна, винна, оксилімонна і фосфорна кислоти, утворюючи нерозчинні у воді солі Ca. Осадження відбувається поступово в діапазоні рН 9,0-11,5 і відбувається одночасно з флокуляцією полімерних сполук. Осадження

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

завершується лише тоді, коли лужність зменшується і досягається насичення в результаті адсорбції аніонів карбонатом Ca^{2+} та осадження Ca^{2+} у вигляді CaCO_3 . Також відбувається коагуляція та осадження макромолекулярних продуктів. Коагулюють білки, сапоніни та барвники.

Основна дефекація

Основними завданнями основної дефекації є розщеплення амідів кислот (амонійних солей), омилення жирів і виробництво надлишку вапна, необхідного для утворення достатнього осаду CaCO_3 при першому насиченні. Хоча реакція розщеплення не може бути завершена під час основного процесу зброджування, слід докласти зусиль, щоб забезпечити, щоб незавершені реакції розщеплення призвели до наступних наслідків.

- Розкладання інвертного цукру призводить до зниження рН і темнішого кольору;
- Знижується лужність при випаровуванні;
- Підвищене піноутворення. Надмірна подача основного вапна призводить до отримання соку з дрібними, однорідними кристалами CaCO_3 на першій сатурації, що покращує фільтраційну та адсорбційну здатність.

I сатурація.

Метою першої сатурації є очищення соку шляхом адсорбції та отримання осаду CaCO_3 з хорошими фільтраційними та осаджувальними властивостями. Процес сатурації адсорбує солі Ca і деякі кислоти, які є продуктами лужної деградації інвертних цукрів, що утворюються під час основної екстракції. Особливе значення має адсорбція поверхнево-активних речовин, які уповільнюють процес кристалізації і погіршують якість продукту.

Сатурацію проводять при температурі 80-85 $^{\circ}\text{C}$, рН 10,8-11,4 і часу витримки 8-10 хв. На першій стадії сатурації екскременти обробляються вуглекислим газом для

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

отримання кристалів карбонату кальцію, які адсорбують на своїй поверхні нецукри. Коефіцієнт використання первинного насиченого газу становить 60-65%, а після первинної сатурації сік нагрівається до 85-90°C у ширококанальному пластинчастому теплообміннику і направляється на фільтрацію. Осад карбонату кальцію (осад фільтрату) з адсорбованими нецукристими речовинами і флокулянтами видаляється як відходи.

Насичення проводиться в два етапи, перший і другий (з проміжним відділенням нецукрового осаду), щоб запобігти повторному розчиненню нецукрів, що випали в осад на стадіях передфекальної та основної дефекації. Додаткове знецукрювання перед другою стадією сатурації проводиться для розщеплення залишків редуруючих речовин в соку і подальшого розщеплення амідів для підвищення ефекту очищення і зниження вмісту солей Са.

Вторинна сатурація.

Вторинна сатурація необхідна для проміжного відділення нецукрових осадів з надмірною лужністю і для запобігання повернення осаджених солей Са в розчин соку. На другій стадії сатурації іони Са повинні бути осаджені якомога повніше, активна лужність повинна бути встановлена до значення, яке забезпечує ефективне сульфитування і меншу деградацію сахарози під час випаровування, а також отримання термостійких соків і сиропів. Неповне видалення солей кальцію з соку призводить до утворення накипу в теплообміннику.

Перед другою сатурацією сік нагрівають у пластинчастому теплообміннику до температури 92-95 0C, додають вапно 0,1-0,5%, проводять другу дефекацію і обробляють сік насиченим газом (друга сатурація), рН другого сатураційного соку 9-9,5, тривалість 10 хв, використання насиченого газу 50-55%. . Після другої сатурації сік фільтрують (дисковий фільтр).

Сульфитація (сульфітація)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основними цілями сульфатації є знебарвлення (освітлення) соку шляхом відновлення барвників до безбарвних сполук, зниження лужності та в'язкості сиропу, а також покращення умов фільтрації.

Температура 80-85 °С, оптимальний рН 85-88, час сульфатації 5-10 хв, чистота очищеного соку 89-96%.

Фінальна фільтрація.

Технічний процес доочищення дифузійного соку.

Дифузійний сік попередньо очищають від зважених часток у безперервній пастці. Потім сік подається в підігрівач (ширококанальний пластинчастий теплообмінник), де він нагрівається до 850°С перед подачею в безперервний попередній дегідратор. У попередній дегідратор подається 02-03% оксиду кальцію СаО від маси буряка. У попередньому зневоднювачі рН соку поступово підвищується таким чином, щоб кожна група колоїдних частинок коагулювала при певному значенні рН. На етапі переддефекації, коли сік досягає метастабільного рН 8,5-9,5, вводять всю концентровану суспензію соку другого ступеня і 150% за масою (бурякового) соку першого ступеня (нефільтрованого). Холодний попередній кал (температура до 50 0С) триває (20-30) хвилин, теплий (температура 50-60 0С) - 15 хвилин. Непідігрітий сік з префекального пристрою надходить у холодний (теплий) основний дефекаційний пристрій, де змішується з (1-1,8)% СаО у вапняному молоці бурякової маси. Оптимальний час холодної дефекації становить 20-30 хв, а теплої - 15 хв. Після низькотемпературної дефекації сік підігрівають до (85-90) 0°С за допомогою підігрівача (ширококанального пластинчастого теплообмінника) і подають у дефекатор (гаряча дефекація), де він витримується протягом 10 хвилин. На виході з дефекатора додається вапняне молоко (0,5-0,5 мл). 7)% СаО в буряковій масі покращує фільтрацію першого сатураційного соку. Відфільтрований сік потрапляє в циркуляційний колектор, де змішується з 5-7-

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

кратним об'ємом першого сатураційного соку, який рециркулює по зовнішньому контуру і насичується в першому сатураторі протягом 10 хвилин до рН 10,8-11,6. Потім сік самопливом стікає в колектори і перекачується через нагрівач (ширококанальний пластинчастий теплообмінник) в напірний колектор, розташований на висоті близько 6 м над листовим фільтром.

У FILS (фільтруючій рамці) сік першої сатурації розділяється на фільтрат і концентровану суспензію; перевагами FILS є проста конструкція, низька металоємність, невелика площа, в 3-5 разів менший час фільтрації, високий вміст твердої фази в суспензії (в 1,5-2 рази), завдяки чому продуктивність вакуум-фільтра збільшується. Збільшення відбувається за рахунок.

Суспензія подається через нижній вузол і верхній напірний вузол на вакуум-фільтр, де після розділення і очищення відфільтрований осад скидається у відходи, а фільтрат відокремлюється в приймачі і змішується з першим насиченим нефільтрованим соком в нижньому вузлі. Вакуум-фільтри використовуються для повного відділення частинок осаду від соку і для відмивання осаду від сахарози.

До відфільтрованого соку, що надходить з FILS, додають вапняне молоко з 0,2-0,5% СаО від маси буряка і нагрівають суміш до 92-950°C за допомогою пластинчастого теплообмінника і додаткової дефекації протягом 4-5 хвилин в дефекаторі. З дешламатора сік самопливом надходить до сатуратора, де протягом 20 хвилин насичується до оптимальної лужності 0,01-0,025% СаО (рН 9-9,5), потім пропускається через нижній агрегат до напірного агрегату, фільтрується через листовий фільтр і подається на установку обробки сульфітного газу, де використовується 10-12% SO 0,05-0,1% СаО (рН 8,5-8,8).

Сірчаноокислий газ виробляється шляхом спалювання сірки в сірчаній печі. Цей газ охолоджується в сублиматорі і подається вентилятором в нижню частину

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сірчаної кислоти. Сульфітований сік спочатку подається на дисковий фільтр. Відфільтрований сік направляється на випарну станцію.

Регенована суспензія концентрованого соку насичення II повертається на установку попереднього зневоднення, де кристали карбонату кальцію в цій суспензії мають досить високий позитивний X-потенціал, щоб бути використаними в якості сировини для осадження нецукрів, що не коагулюють.

При переробці буряка хорошої якості простішим методом є очищення дифузійного соку шляхом високотемпературного оптимального попереднього розщеплення (нагрівання дифузійного соку до температури 85-90 0 С за допомогою теплообмінника FREE FLOW і одночасне додавання всього вапна, необхідного для досягнення оптимального рівня рН). Насичена суспензія концентрованого соку I без попереднього розварювання, високотемпературне основне розварювання і насичена суспензія II з попереднім розварюванням.

Перевага типової схеми очищення дифузійного соку перед схемою очищення дифузійного соку з високотемпературним оптимальним попереднім розщепленням полягає в тому, що низькотемпературне (тепле) прогресивне попереднє розщеплення з протитечійним переміщенням вапна і соку дозволяє більш повно осадити колоїдні дисперсні речовини без розкладання в лужному середовищі, в результаті чого утворюється згущений коагулянт.

Повернення концентрованої суспензії II-насиченого соку (замість нефільтрованого соку або концентрованої суспензії I-насиченого соку) зменшує рециркуляцію великих шматків соку в кілька разів і позитивно впливає на його термостабільність і якість.

Під час холодної основної екстракції в соку розчиняється в 3-4 рази більше вапна, ніж під час гарячої екстракції. Якщо сік потім нагріти для гарячої дефекації, більша частина розчиненого вапна не випадає в осад, а перенасичується, що

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

призводить до глибшого розкладання нецукрів. Додаткова дефекація перед другим насиченням служить тій же меті. Крім розкладання нецукрів, внесення вапна перед другою сатурацією підвищує ефективність адсорбції та очищення соку карбонатом кальцію.

Всі основні заходи для досягнення максимально можливого виходу цукру при необхідній якості при переробці буряків низької якості включені в типову схему. Додаткові радикальні заходи для покращення якості цукру та виходу цукру включають відділення осаду перед дефекацією, заміну соку та насичення концентрованої суспензії назад перед дефекацією.

Як крайній захід, можна також використовувати "миттєву" дефекацію, тобто дефекацію при більш низькому значенні рН. У цьому випадку для усунення спінювання попередньо насиченого дифузійного соку його попередньо підігрівають до 55-600°C у ширококанальному пластинчастому теплообміннику, змішують з суспензією соку II або I ступеня насичення до рН 8,5-9,0 і подають у зовнішній колектор контурної системи рециркуляції.

Концентрують сік в сироп.

Після очищення сік містить близько 15% DS (сухої речовини), що означає, що він містить 85% води. Для того, щоб з перенасиченого розчину кристалізувалася сахароза, його необхідно сконцентрувати. Це означає, що необхідно видалити велику кількість води. Видалення води з соку завжди відбувається в два етапи:

По-перше, вода видаляється за допомогою випарника і випаровується до тих пір, поки вміст сухої речовини (СР) в сиропі не досягне 65%;

По-друге, густий сироп змішується з конюшиною патокою (жовтим розчином цукру), обробляється адсорбентом, направляється на процес сульфатації

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(рН = 7,5), нагрівається в пластинчастому теплообміннику, фільтрується і направляється у вакуум-апарат для досягнення концентрації сухих речовин 92,5%.

Вода двічі випаровується з соку, оскільки у випарному апараті, коли вода видаляється з соку і концентрація збільшується, розчинність деяких нецукрів зменшується і вони випадають в осад, тому сироп необхідно відфільтрувати. Крім того, у випарному апараті сироп набуває темнішого кольору, і його потрібно додатково знебарвити шляхом сульфатації та відфільтрувати. Концентрування соку до сиропу - це процес отримання сиропу з очищеного сульфатованого соку шляхом випарювання води у випарному апараті до вмісту СБ = 60-65%. Загалом з очищеного соку випаровується 110-115% води від маси буряків. Випарювання соку здійснюється в багатокорпусному випарному апараті, що дозволяє знизити витрати палива приблизно в 2,5 рази. На цукрових заводах в основному використовують чотирьохкорпусні випарні апарати з концентраторами. Сульфатований сік, нагрітий до температури кипіння 126 0С в розбірному пластинчастому теплообміннику, направляється в перший випарник, де частина води випаровується у вторинну пару, а сік переходить з ємності 1 в ємність 2, з ємності 2 в ємність 3 і з ємності 3 в ємність 4 для концентрування до заданої щільності в концентраторі. Багаторазове використання тепла пари можливе за рахунок зниження температури кипіння соку і зменшення тиску від першої до останньої випарної ємності. Після випарного апарату сироп сульфитується до рН 7,8-8,2 при 80-85 0С, підігрівається до 85-90 0С в складному пластинчастому теплообміннику і фільтрується. Відфільтрований сік направляють на кристалізацію на 1 мацекітному уварювальному апараті.

Кристалізація цукру

Кристалізація є завершальною стадією виробництва цукру. Кристалізація цукру - це поділ цукру на кристали шляхом випарювання води або охолодження кристалізованої маси. Щоб максимізувати вилучення цукру і мінімізувати витрати

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

палива, сахарозу кристалізують кілька разів. Раціональним є метод трикратної кристалізації, коли перший потік першої кристалічної меляси використовується для рафінування третього кристалічного цукру. Цей метод забезпечує виробництво цукру стандартної якості з мінімальним вмістом цукру в мелясі на сучасному обладнанні.

Технологічні процеси в продуктовому секторі відбуваються в такій послідовності

Уварювання та центрифугування утфелю першої кристалізації.

З сиропу з конюшиною уварюють утфель першої кристалізації. Вміст сухих речовин становить 60-65%, рН - 7,8-8,2, колір - трохи більше 40. Утфель варять у чотири етапи у вакуум-апараті періодичної дії:

- а) Концентрування сиропу до отримання перенасиченого розчину;
- б) затвердіння кристалів цукру
- в) вирощування кристалів цукру; і
- г) остаточна концентрація і вивантаження меляси.

Щоб запобігти розкладанню сахарози, сироп уварюють випарюванням при залишковому тиску 0,02 мПа і температурі 70-72°C. У міру згущення сиропу до 80-82% СС температура кипіння на цьому зливні підвищується до 74-76 0С, а коефіцієнт пересичення становить 1,25-1,3. Коефіцієнт пересичення показує, у скільки разів більше сахарози розчиняється в даному сиропі, ніж в насиченому розчині за тих же умов. В даному випадку фактор перенасичення нестабільний і в цей момент в обладнання вводять дрібно подрібнену цукрову пудру в кількості 50 г на 40-тонний апарат для додавання кристалів. Потім додається необхідна кількість кристалів, і сироп постійно подається у вакуум-апарат, при цьому існуючі кристали нарощуються так, що вони ростуть, але нові кристали не утворюються, а коефіцієнт пересичення підтримується в межах від 1,12 до 1,15. Коли кристали

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сахарози досягають необхідного розміру, концентрацію меляси встановлюють на рівні СБ = 92-92,5%, температуру - 70-73 °С, час уварювання - 170 хвилин, а вміст кристалів у мелясі - 50-55%. Потім затор подається на автоматичні центрифуги періодичної дії (660 і 1000 кг). В результаті центрифугування утворюється міжкристалічний розчин меляси, який називається зеленою мелясою, перший продукт. На поверхні кристалів цукру залишається тонка плівка, яка надає їм жовтуватого кольору. Щоб її видалити, центрифугу промивають гарячою природною водою за температури 85-90°С. Витрата води становить 3-3,5% від ваги меляси. При цьому розчиняються деякі кристали і утворюється другий стік (біла меляса), який разом із зеленою мелясою використовується для уварювання другої меляси. Вологість цукру на виході з центрифуги становить 0,9-1%, а температура - 55-600°С. Вологий цукор направляється в сушильно-охолоджувальну установку, де він сушиться гарячим повітрям при температурі 105-1100°С. Температура висушеного цукру становить 22-250°С, а вміст вологи не повинен перевищувати 0,14%. Висушений цукор відправляється на пакування та зберігання в поліпропіленові мішки по 50 кг (система навалом) або силоси по 10 000 тонн (система безтарного зберігання).

Уварювання та центрифугування другої кристалізаційної маси.

Центрифугування першої кристалізаційної маси - це насичений розчин сахарози, який використовується для уварювання другої кристалізаційної маси. Зелена і біла меляса перед вакуумуванням попередньо підігрівається в складному пластинчастому теплообміннику. Уварювання здійснюється протягом чотирьох циклів. Кристали нарощуються за допомогою цукрової пудри (60-65 кг на 40 тонн меляси). Після нарощування їх концентрують до вмісту КС 93% Другий затор центрифугують на безперервній центрифугі. Центрифугування другого утфелю дає другий кристалічний цукор (жовтий цукор) і міжкристалічний стік. Цукор відбілюють чистою гарячою водою в кількості 1% від маси утфелю для отримання

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

другого осаду, при цьому час кип'ятіння становить 300 хвилин. Кип'ятіння і центрифугування мату третьої кристалізації.

Третю кристалізацію попередньо нагрівають у пластинчастому теплообміннику зі стоками першої та другої кристалізації і стоком очищення, який потім кип'ятять. Для травлення кристалів використовується цукрова пудра в кількості 150-200 г на 40 т мацерату, а мацерат уварюється до СВ = 94,5-96%. З вакуум-системи утфель проходить через приймальний змішувач в кристалізатор. Масекуїт охолоджується холодною водою, що рухається у шахті. Під час процесу кристалізації температура утфелю знижується з 70-75°C до 35-40°C, а коефіцієнт пересичення зростає до 1,20-1,25 зі зниженням температури. Збільшення ступеня пересичення призводить до кристалізації додаткової кількості цукру в мелясному змішувачі. Таким чином, процес кристалізації сахарози відбувається в два етапи: 1) кристалізація під час випарювання у вакуум-апараті і 2) кристалізація під час охолодження утфелю в заторному апараті.

Перед центрифугуванням мелясу нагрівають до 45-500°C і центрифугують на безперервній центрифuzі без відбілювання цукру водою. В результаті відцентрового розділення утворюється третій кристал жовтого цукру і один стік - меляса.

Жовтий цукор третього кристалу очищається.

Для поліпшення якості цукру в третьому кристалі його змішують з розведеним першим утфелем першого кристалу до СІ = 89-90% і перемішують в утфельному апараті при температурі 70-75°C протягом 20 хвилин. В результаті частина нецукрів, що містяться в плівці, яка покриває кристали цукру, переходить в афінний розчин, і шляхом центрифугування отримують чистий афінний цукор (С=97%).

Очищення жовтого цукру.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Афінований жовтий цукор третього і другого кристалів розчиняють (осаджують) рафінадним соком другої сатурації при 80-85 0С до С=60-65%, змішують з сиропом з випарного апарату, сульфатують і подають на уварювання першого кристала. Для економії енергії цукровий розчин (сироп) перед основним технологічним процесом підігрівається за допомогою пластинчастого теплообмінника.

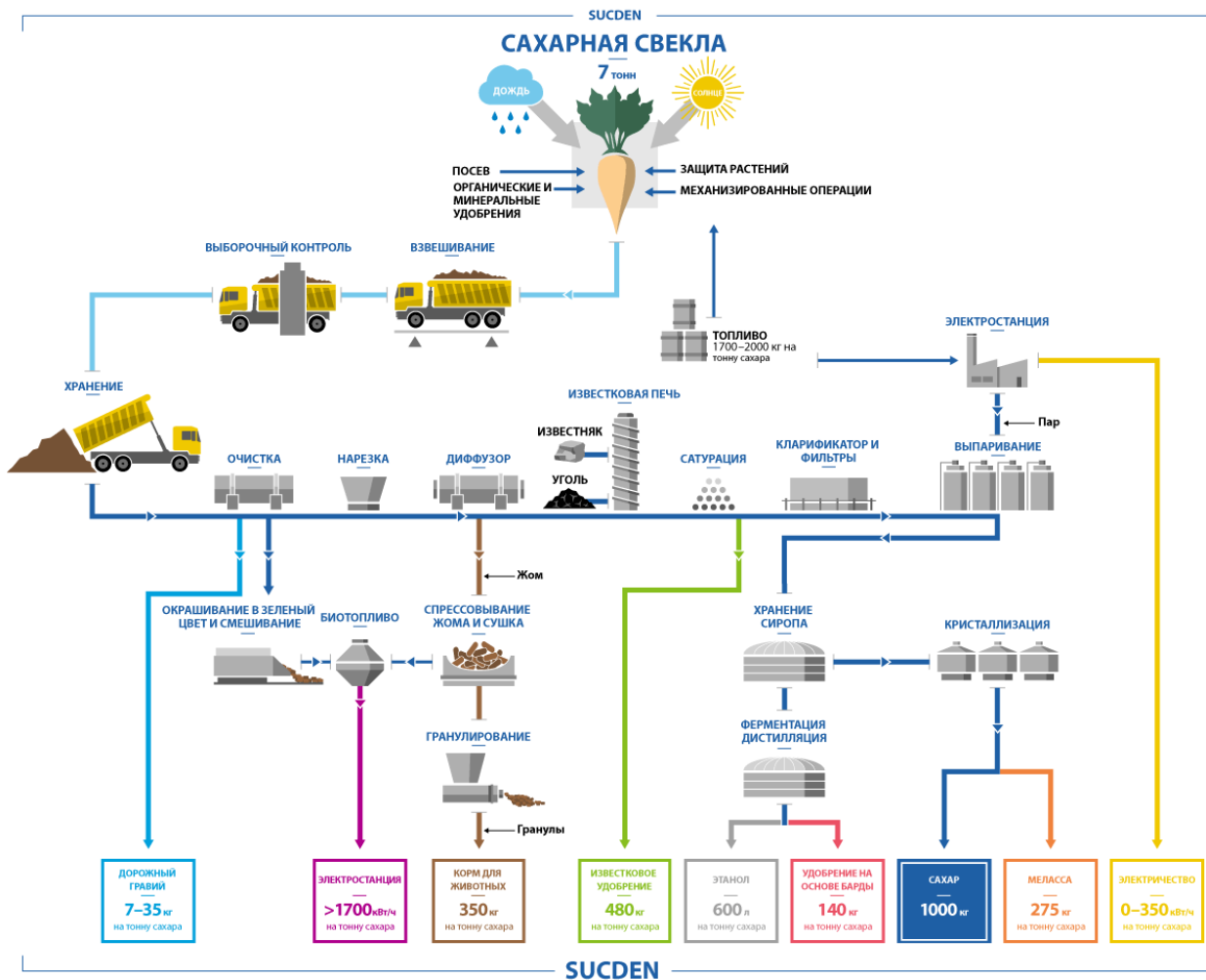


Рис.3 Виготовлення цукру

Цукрові заводи з дифузійними батареями отримують дифузійну воду, яка становить близько 120% від ваги буряків. Ця вода містить 0,10-0,15% цукру і 0,15% інших органічних речовин. Її не слід скидати в річки чи ставки, а спрямовувати в зрошувальні канали, оскільки вона містить сапоніни, які легко розкладаються і є токсичними для риби. Таким чином, дифузійні води утворюються як неприємний

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

побічний продукт при роботі з дифузійними батареями. На заводах з сушарками для жому вона становить близько 55% води з жомового пресу (30%, якщо жом піддається лише незначному пресуванню і розподіляється серед буряківників).

Велика кількість дифузійної води, що виходить назовні, значно збільшила споживання свіжої води дифузійними батареями (близько 250% у випадку з буряком). Тому була зроблена спроба замінити частину свіжої води дифузійною водою, що повертається в дифузійну батарею. Основною перевагою системи безперервної дифузії є те, що під час роботи дифузійна вода не утворюється.

Вода з жомового пресу В установках безперервної дифузії єдиними дифузійними відходами є вода з жомового пресу (зазвичай отримується шляхом шнекового пресування для збільшення вмісту сухої речовини в жому до 16-18%). Цієї води не дуже багато. Наприклад, якщо маса жому на 100 кг буряка становить 80 кг, вміст сухої речовини - 7%, а після пресування отримують 18% сухої речовини в жому, то маса пресованого жому становить близько $80 \cdot 7 / 18 = 31$ кг, тобто близько $80 - 31 = 49$ кг жомопресової води. Близько $2/3$ вмісту цукру в непресованому жому переходить в цю воду, залишаючи тільки $1/3$ вмісту цукру.

Для дифузії безперервної дії абсолютною вимогою є те, що весь жом віджимається і вся жомова вода повертається в дифузійну батарею замість свіжої води. Це дуже важливо, оскільки значно зменшує втрати цукру в дифузійних відходах (у віджатому осаді).

Існує два способи повернення дифузійної води: або повернута дифузійна вода просто змішується зі свіжою водою, або у вихідний жом подається тільки свіжа вода, або повернута дифузійна вода направляється на $1/10$ об'єму обладнання від хвостів до тієї частини, де концентрація цукру в міжстружковому соку приблизно дорівнює концентрації повернутої води. Цей останній метод є більш досконалим, і в ньому жом сушать чистою водою перед виведенням з обладнання.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким чином, ефект повернення жомопресової води є значним, зменшуючи втрати майже наполовину (45%), тоді як якщо свіжа вода змішується з повернутою жомопресовою водою, втрати зменшуються лише до 35%. Вичавкова вода містить домішки м'якоті, які можуть забивати щілини наконечників і зменшувати потік соку в дифузори, коли він повертається. Вода також є дуже інфекційною. Високий вміст мікробів збільшує інфекційність всього дифузора. Тому пресову воду необхідно готувати до повернення, фільтруючи свіжу мезгу з машини, пропускаючи її через відстійник для видалення мезги та дезінфікуючи її перед відстійником.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Постановка задачі

Одним із важливих етапів виробництва цукру, є перекачування жомопресової води. Враховуючи особливість робочої рідини кислотність $\text{PH} > 2$ та тверді включення необхідно обрати насос, який буде надійно працювати. Серед розглянутих аналогів є імпорتنі насоси відомих фірм таких як KSB, Zulzer, Andritz, FlowServe та вітчизняних виробників – насоси типу СМ, СД. Імпорتنі аналоги дорого коштують, а вітчизняні насоси мають застарілу конструкцію та не відповідають необхідним параметрам, тому було прийнято рішення розробити насос власного виробництва з параметрами витрати $Q=150 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором $H=28 \text{ м}$, який би відповідав необхідним параметрам.

Згідно завдання було обрано наступний конструктив насоса:

1. Консольний відцентровий насос
2. Трьох лопатеве широке закрите робоче колесо типу non-closed, для забезпечення незасмічуваності під час роботи твердими осадками. Враховуючи уніфікацію можна встановити як закрите так і відкрите робоче колесо.
3. Матеріал проточної частини – нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, що дозволить працювати в кислому середовищі.
4. Комбіноване ущільнення валу – гідродинамічне + експеллер для надійної роботи без протікань

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА

Проектований насос – відцентровий, консольний, горизонтальний з осьовим підведенням перекачуваної рідини, спіральним литим відводом з напірним патрубком розміщеним по типу ISO.

Базовою деталлю консольного відцентрового насоса є спіральний литий відвід з напірним патрубком розміщеним по типу ISO.

Опорні лапи консольного відцентрового насоса розміщені в нижній частині литого корпусу.

Основними складальними одиницями консольного відцентрового насоса є литий корпус та виймальна частина.

Виймальна частина консольного відцентрового є самостійною складальною одиницею. Така конструктивна схема насоса дозволяє виконувати увесь комплекс ремонтних регламентних робіт, не відокремлюючи сам корпус консольного відцентрового насоса від усмоктувального і напірного трубопроводів.

До складу виймальної частини входять наступні деталі та складальні одиниці: кронштейн, корпус сальника, робоче колесо, бронедиск, експеллер гайка-обтікач, обойми, фланець нажимний, кільце гідрозатворне, вал, полумуфта насоса, ущільнення валу насоса, та кріпильні вироби, інші стандартні одиниці.

В ущільненні вала застосована сальникова набивка наскрізного плетіння ТМГФ 12х12

Підтискання сальникової набивки ущільнення під час його експлуатації безпосередньо на місці здійснюється за допомогою спеціальної натискної втулки, яка складається з двох половин (верхньої та нижньої) та натискного фланця. Спеціальне захисне кільце запобігає видавлюванню сальникової набивки кінцевого ущільнення у порожнину розвантажувальної камери консольного відцентрового.

З метою створення умов нормальної роботи сальникового ущільнення консольного відцентрового обов'язково необхідно подати холодну технічно чисту

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

воду, яка унеможлиблює підсмоктування повітря в порожнину насоса за тиску на вході у насос нижче від атмосферного. Крім того ця спеціально підведена вода охолоджує сальник (запобігає надмірному підвищенню температури сальникової набивки) та промиває його (виносить продукти зношування та тверді абразивні домішки, які можуть містити у перекачуваному середовищі). Місце підведення цієї води закрито.

Розвантаження ротора консольного відцентрового насоса від дії осьових гідравлічних сил забезпечено вибором щільного ущільнення робочого колеса на тильній стороні основного диска робочого колеса. Відведення рідини з розвантажувальної камери здійснюється через спеціальні отвори у робочому колесі насоса.

Залишкові (неврівноважені) зусилля сприймаються підшипниками кочення, які є опорами ротора, та які встановлені у литому кронштейні.

Напрямок обертання ротора консольного відцентрового насоса – за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку приводу.

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється за допомогою пружної втулково-пальцевої муфти. Передача крутного моменту від валу насоса до робочого колеса відбувається через призматичну шпонку. Лопаті робочого колеса під час свого обертання за рахунок силової взаємодії з перекачуваною рідиною передають їх енергію, яка перетворюється у гідравлічну енергію руху рідини та енергію тиску. Спиральний відвід збирає рідину та спрямовує її у напірний патрубок. У спіральному та осьовому дифузорах відводу відбувається перетворення частини кінетичної енергії руху рідини у потенційну енергію тиску.

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

4. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Визначення коефіцієнта подібності

Меридіанний переріз відцентрового робочого колеса наведений на рис. 1.

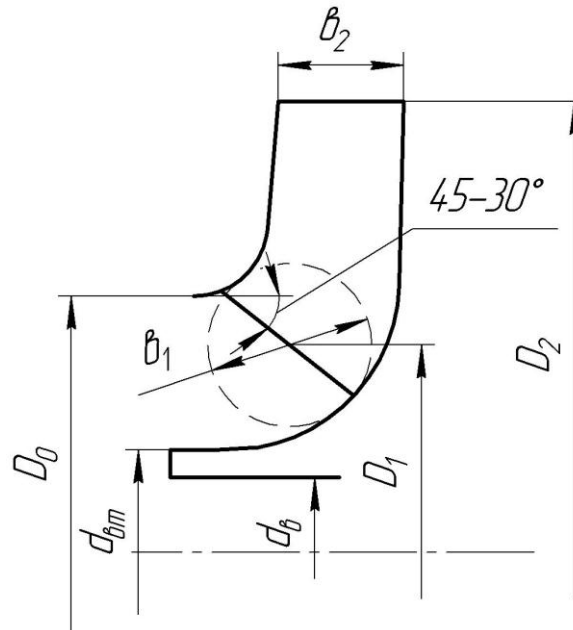


Рисунок 4– Меридіанний переріз робочого колеса відцентрового насоса

Коефіцієнт швидкохідності

$$n_s = \frac{3,65 * n * \sqrt{\frac{Q}{3600}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

$$n_s = \frac{3,65 * 1470 * \sqrt{\frac{150}{3600}}}{28^{\frac{3}{4}}} = 90$$

Масштабний коефіцієнт геометричної подібності визначається виходячи з характеристик натурального та модельного насосів:

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{Q_{wnс} n_M}{Q_M n_{wnс}}}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

де Q_m - подача модельного насоса, м³/год;

n_m - кількість обертів модельного насоса, хв⁻¹.

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 1450}{450 \cdot 1450}} = 0,73,$$

Значення зовнішнього діаметра натурального робочого колеса визначається виходячи з теорії геометричної подібності:

$$D_{2wnc} = \lambda D_{2m},$$

$$D_{2wnc} = 0,73 \cdot 435 = 317,6$$

де D_{2m} - зовнішній діаметр модельного робочого колеса (визначається з креслення модельного насоса), м

Тоді

$$D_{2wnc} = 0,73 \cdot 435 = 317,6, \text{ мм.}$$

Отриманий зовнішній діаметр натурального робочого колеса округляється до значення, кратного 5.

Тоді

$$D_{2wnc} = 320 \text{ мм.}$$

Приведений діаметр робочого колеса визначається за формулою Суханова, мм:

$$D_{1пр} = K_{вх} \sqrt[3]{\frac{Q_m}{3600n}} \cdot 10^3,$$

де $K_{вх} = 3,5 - 5,0$ - коефіцієнт вхідної воронки робочого колеса.

Більші значення $K_{вх}$ беруться для підвищення кавітаційних якостей робочого колеса, а також при малих його розмірах ($D_{1пр} < 70$ мм).

$$D_{1пр} = 3,5 \sqrt[3]{\frac{450}{3600 \cdot 1470}} \cdot 10^3 = 149,9 \text{ мм}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Об'ємний ККД визначається за формулою

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + 0,68n_s^{\frac{2}{3}}}$$

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + 0,68 * 90^{\frac{2}{3}}} = 0,967$$

У відцентровому консольному насосі протікання можуть відбуватися через переднє ущільнення робочого колеса та сальникове ущільнення (див. рис. 3).

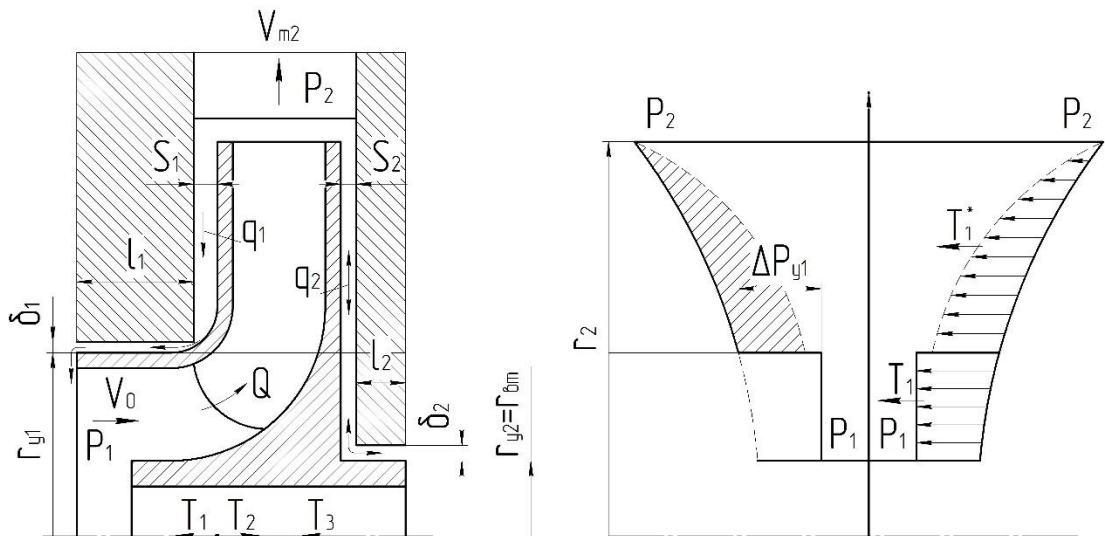


Рисунок 5 - Схема протікань в ступені відцентрового насоса та розподіл тиску на поверхні основного та покривного дисків робочого колеса

Подача робочого колеса

$$Q_{pk} = \frac{Q}{\eta_{об}}$$

$$Q_{pk} = \frac{150}{0,967} = 155,1 \frac{м^3}{год}$$

Гідравлічний ККД

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1\text{пр}} - 0,172)^2}$$

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{(\lg 149,9 - 0,172)^2} = 0,9$$

Внутрішній механічний ККД

$$\eta'_M = \frac{1}{1 + 820n_s^{-2}}$$

$$\eta'_M = \frac{1}{1 + 820 * 90^{-2}} = 0,91$$

Повний ККД насоса

$$\eta = \eta_{\Gamma} \eta_{\text{об}} \eta'_M \eta_M$$

де η_{Γ} - гідравлічний ККД;

η'_M - внутрішній механічний ККД;

η_M - зовнішній механічний ККД.

Зовнішній механічний ККД задаємо: $\eta_M = 0,95 - 0,99$ (менші значення беруться для малих потужностей).

$$\eta = 0,967 * 0,9 * 0,91 * 0,97 = 0,76$$

Потужність, споживана насосом (Вт), визначається за формулою

$$N = \frac{\rho g H Q}{3600 \eta},$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$N = \frac{1000 * 9,81 * 150 * 28}{3600 * 0,76} = 15059,2 \text{ Вт}$$

Теоретичний напір визначають за формулою

$$H_T = \frac{H}{\eta_r}$$

$$H_T = \frac{28}{0,9} = 31,1 \text{ м}$$

У першому наближенні діаметр вала, мм, визначається з розрахунку на кручення за формулою

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau_k]}}$$

де $M = \frac{N_{\max} \cdot 30}{\pi n}$ - крутний момент на валу насоса, Н·м;

$N_{\max} = 1,1 \cdot N$ - максимальна потужність насоса, Вт;

$[\tau_k] = 10 - 30$ МПа- занижене максимальне напруження на кручення, МПа (менші значення беремо при консольному розташуванні робочого колеса).

$$N_{\max} = 1,1 * 15059,2 = 15565,12, \text{ Вт},$$

$$M = \frac{15565,12 * 30}{3,14 * 1470} = 107,8, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{107,8 * 10^3}{0,2 * 15}} = 33, \text{ мм}.$$

Отримане значення діаметра округляють до стандартного у більшу сторону

$$d_B = 40 \text{ мм}.$$

Діаметр втулки, мм, орієнтовно вибирають з виразу

$$d_{BT} = (1,2 \dots 1,25) d_B \text{ мм}.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_{\text{BT}} = (1,2 \dots 1,25) * 40 = (48 \dots 50)$$

Приймаємо

$$d_{\text{BT}} = 70 \text{ мм.}$$

ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ
ЛОПАТКИ меридіанними площинами

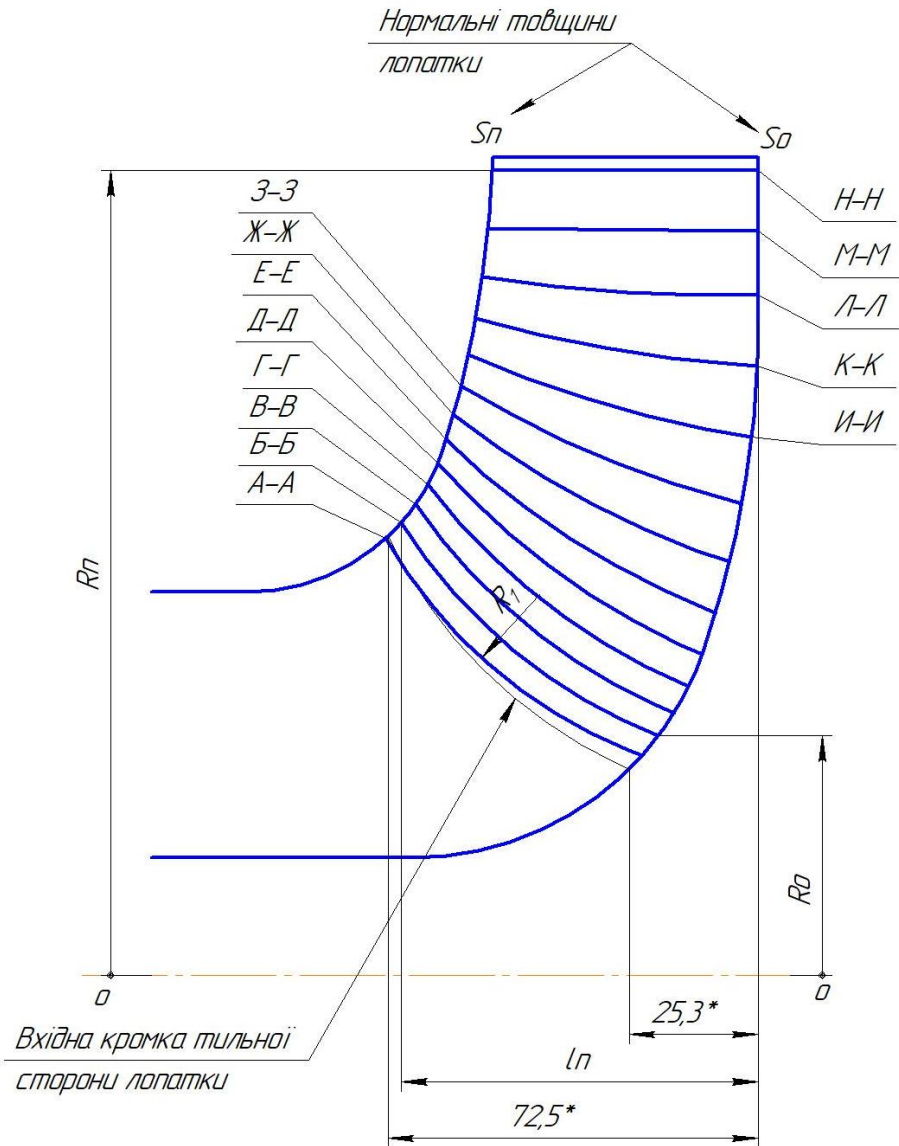


Рис. 6 Меридіанний переріз

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Табл. 1 Розміри меридіанного перерізу

Переріз	R_0	L_n	R_n	S_0	S_n	R_i
Вхідна кромка	43,0	69,9	-	8,2	7,2	-
А-А	43,0	72,9	85,4*	8,2	6,5	95
Б-Б	46,8	69,9*	88,5	9,0	7,2	104
В-В	51,3	67,1*	92,0	9,6	8,0	115
Г-Г	56,4	64,7*	95,9	10	8,6	128
Д-Д	62,7	62,7*	100,1	10,4	9,1	145
Е-Е	70,9	61,2*	104,7	10,5	9,4	160
Ж-Ж	80,8	59,7*	109,7	10,5	9,5	175
З-З	92,3	58,2*	115,3	10,5	9,5	195
И-И	105,3	56,8*	121,4	10,5	9,5	220
К-К	119,2	55,4*	128,5	10,5	9,5	250
Л-Л	133,1	54,1*	136,6	10,5	9,5	300
М-М	145,6	53,0*	146,1	10,5	9,5	-
Н-Н	157,4	52,5*	157,4	10,5	9,5	-
Вихідна кромка	160,0*	52,0	160,0*	10,5	9,5	-

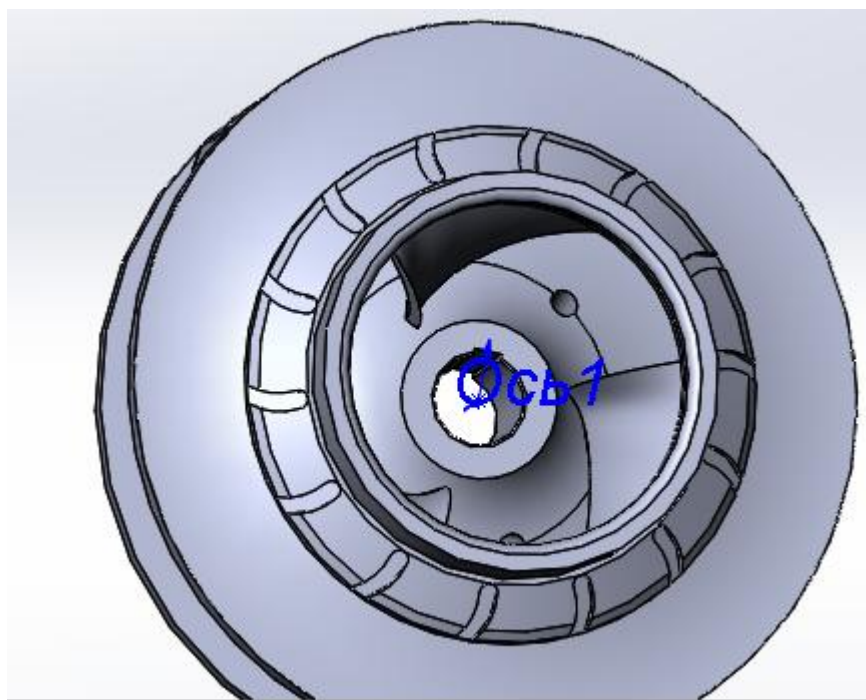


Рис. 7 Робоче колесо насосу WNC 125

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Розрахунок і проектування спірального відводу з напірним патрубком розміщеним по типу ISO.

Після розрахунку робочого колеса та профілювання його лопат вибирають основні розміри відведення. При розрахунку та проектуванні відводів насосів для гідросумішей слід розрізняти два випадки:

- 1) твердий компонент гідросуміші представлений дрібними частинками - відводи виконують спіральної форми та розраховують за відомими рекомендаціями, що використовуються при проектуванні звичайних відцентрових насосів;
- 2) гідросуміші містять великі тверді включення; форма відводів істотно відрізняється від спіральної. Мінімальні розміри двох параметрів відведення ширину перерізів та відстань від зовнішнього діаметра колеса до «язику» вибирають відповідно до заданих розмірів прохідних перерізів. Щоб великі тверді включення, що пройшли через колесо, пройшли через відвід, ширину в останнього приймають не менше ширини колеса. Виходячи з цієї ж умови, вибирають розміри Мінімального перерізу відведення перерізу у «язику», і визначають мінімальну площу F цього перерізу. Умова зносостійкості (мінімальний знос відведення) забезпечується при максимально можливій висоті перерізу, тобто при максимальному радіусі R_3 . Оскільки для збереження оптимальної подачі необхідно, щоб розрахунковий параметр A відведення був постійним, максимальному радіусу R_3 повинна відповідати мінімальна ширина B . Виходячи з умов технологічності відведення (точності виливки та складання), а також можливості регулювання торцевих зазорів шляхом переміщення ротора (робочого колеса) приймають $B \geq b_2 + (5 \div 10)$ мм. У насосах для абразивних гідросумішей застосовують, як правило, відводи з паралельними стінками, округленими напівокружністю.

Для проектування відведення необхідно знати параметр A для розрахункового перерізу, коефіцієнт a відносної подачі та площу F , перерізу

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

горловини дифузора. Тому відвод розраховують методом підбору, виходячи з одержання максимальної зносостійкості при досить високому ККД. Задану швидкохідність насоса можуть забезпечити відведення різних конструкцій: достатньо, щоб відношення A/a для них було однаковим. Однак усі ці відводи не рівноцінні за своїми якостями: вони характеризуються різними зносостійкостями та значеннями ККД. Тому при розрахунку зіставляють відводи кількох варіантів, що мають постійне відношення A/a , і вибирають відвід, у якого при найменших швидкостях у розрахунковому перерізі, горловині та під «язиком» зберігаються досить високі значення ККД.

$$\frac{A}{D_q} = 0.0019 * \eta_r \alpha n_s^{\frac{4}{3}}$$

$$\frac{A}{D_q} = 0.0019 * 0,9 * 2,4 * 90^{\frac{4}{3}} = 1,66$$

$$\alpha = 0.75 + \frac{\varphi}{360} + \frac{F_{\text{я}}}{F_{\text{r}}}$$

$$\alpha = 0.75 + \frac{350}{360} + \frac{5220,93}{7853,98} = 2,4$$

$$A = B \ln \left(1 + \frac{\alpha}{R_2} \right) + B \delta \left[\frac{\pi}{4} \left(1 + \frac{1}{4} \delta^2 \right) - \frac{\delta}{3} \left(1 + \frac{2}{5} \delta^2 \right) \right]$$

$$A = 0,09 \ln \left(1 + \frac{2,4}{0,16} \right) + 0,09 - 0,018 *$$

$$* \left[\frac{3,14}{4} \left(1 + \frac{1}{4} 0,018^2 \right) - \frac{0,018}{3} * \left(1 + \frac{2}{5} 0,018^2 \right) \right] = 0,2513$$

$$\Delta h = \frac{(1-x)(c_{2u}^2 - v_r^2)}{2g}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta h = \frac{0,5 * (16,7^2 - 2,1^2)}{2 * 9,81} = 6,999$$

$$(1 - x) = 0,5 + 2,9 * \left(\frac{u_r}{c_{2u}} - 0,2 \right)^2$$

$$(1 - x) = 0,5 + 2,9 * \left(\frac{2,1}{4,2} - 0,2 \right)^2 = 0,5$$

$$\eta_r = \frac{1}{1 + \frac{\Delta h}{H}}$$

$$\eta_r = \frac{1}{1 + \frac{6,999}{28}} = 0,8$$

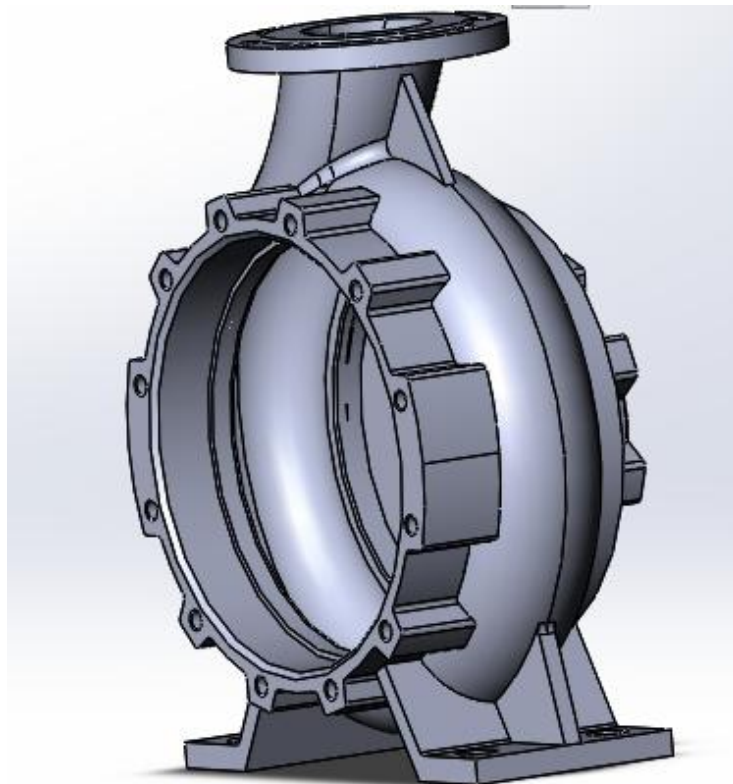


Рис.8 Відвід

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. РОЗРАХУНОК ANSYS

Для виконання чисельного дослідження повинна бути побудована розрахункова сітка. Побудова розрахункової сітки – це процес ділення розрахункової області на велику кількість окремих комірок.

Комірками сітки є многогранники, зазвичай тетраедри, гексаедри, призми або піраміди. Кромки цих осередків (комірок) являють собою лінії розрахункової сітки, а точки, розташовані на кромках, або в центрі осередків (комірок), – вузли розрахункової сітки. В результаті чисельного рішення рівнянь математичної моделі саме у вузлах розрахункової сітки і визначаються шукані параметри течії.

Основна вимога до розрахункової сітки – вона повинна бути досить густою, щоб визначити фізичні ефекти, які мають місце усередині розрахункової області. Для досягнення рівномірної точності розрахунку вузли сітки повинні якомога густіше розташовуватися у місцях значної зміни параметрів течії, зокрема біля стінок. Крім того, при побудові сітки необхідно уникати отримання надмірно витягнутих або перекошених осередків (комірок), форма яких занадто сильно відрізняється від правильних многогранників, - при наявності таких осередків (комірок) може істотно затруднитися отримання рішення, що сходиться. Для виконання чисельного дослідження повинна бути створена розрахункова модель. Власне, створення розрахункової моделі виконується в окремому модулі – Пре-Процесорі, який має назву «CFX-Pre».

- 1) В Пре-Процесор інтегруються розрахункові сітки елементів розрахункової області.
- 2) Визначається вид чисельного дослідження: в стаціонарній постановці або в нестаціонарній постановці.
- 3) Визначаються моделі фізичних процесів та течії.
- 4) Визначаються параметри і характеристики елементів розрахункової області. Елементи можуть бути стаціонарними та такими які обертаються.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5) Визначаються граничні умови.

6) Визначаються параметри розрахунку.

7) Після створення розрахункової моделі в Пре-Процесорі, необхідно зберегти дані в файлі розрахунку (файл з розширенням *.def).

Для виконання чисельного розрахунку повинні бути визначені граничні умови на вході і виході розрахункової області, а також граничні умови на поверхнях, які є граничними для розрахункової області. Розрахунок виконується в окремому модулі, який має назву «CFX-Solver Manager». Для збіжності рівнянь Рейнольдса знадобилося 460 ітерацій.

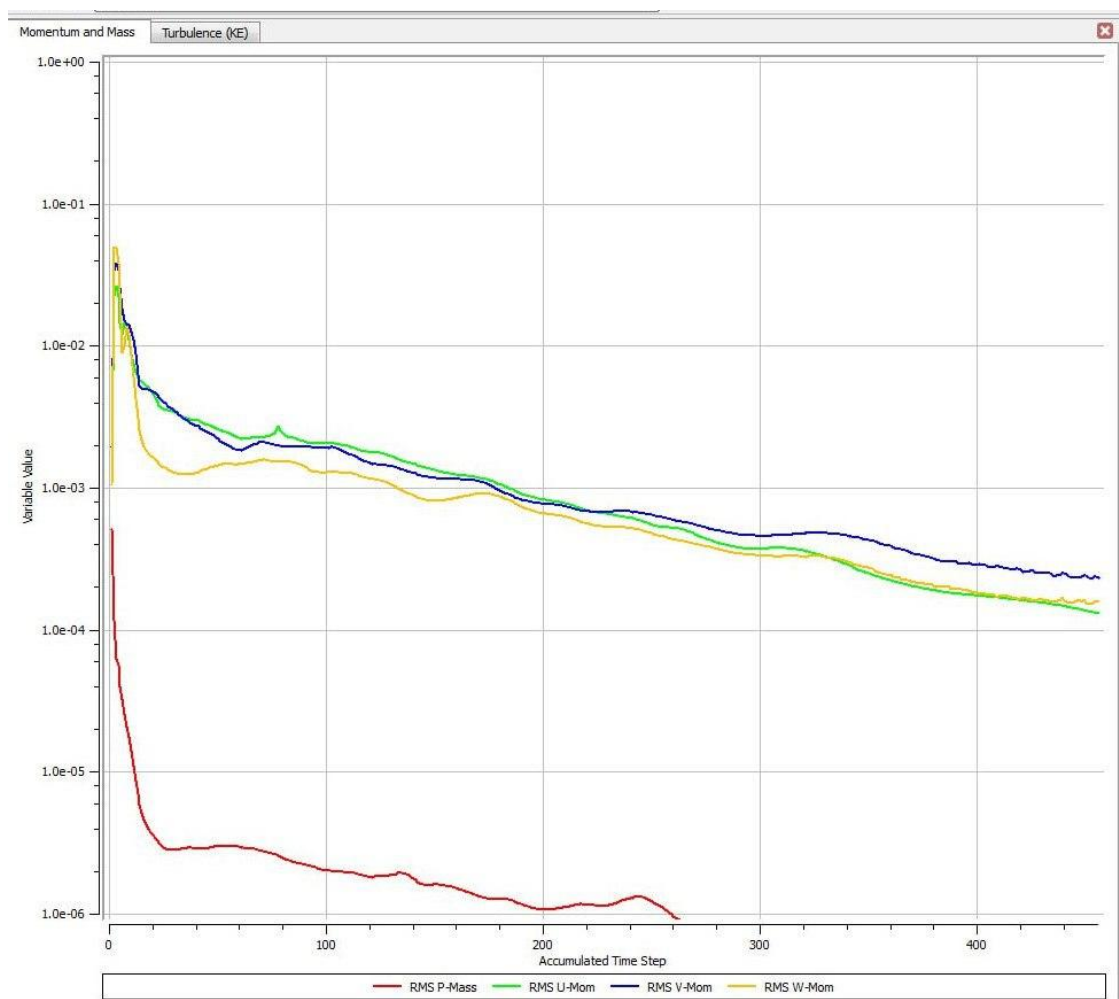


Рис.9 – Графік сходження рівнянь швидкостей і маси

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Результати обчислення швидкість та тиск

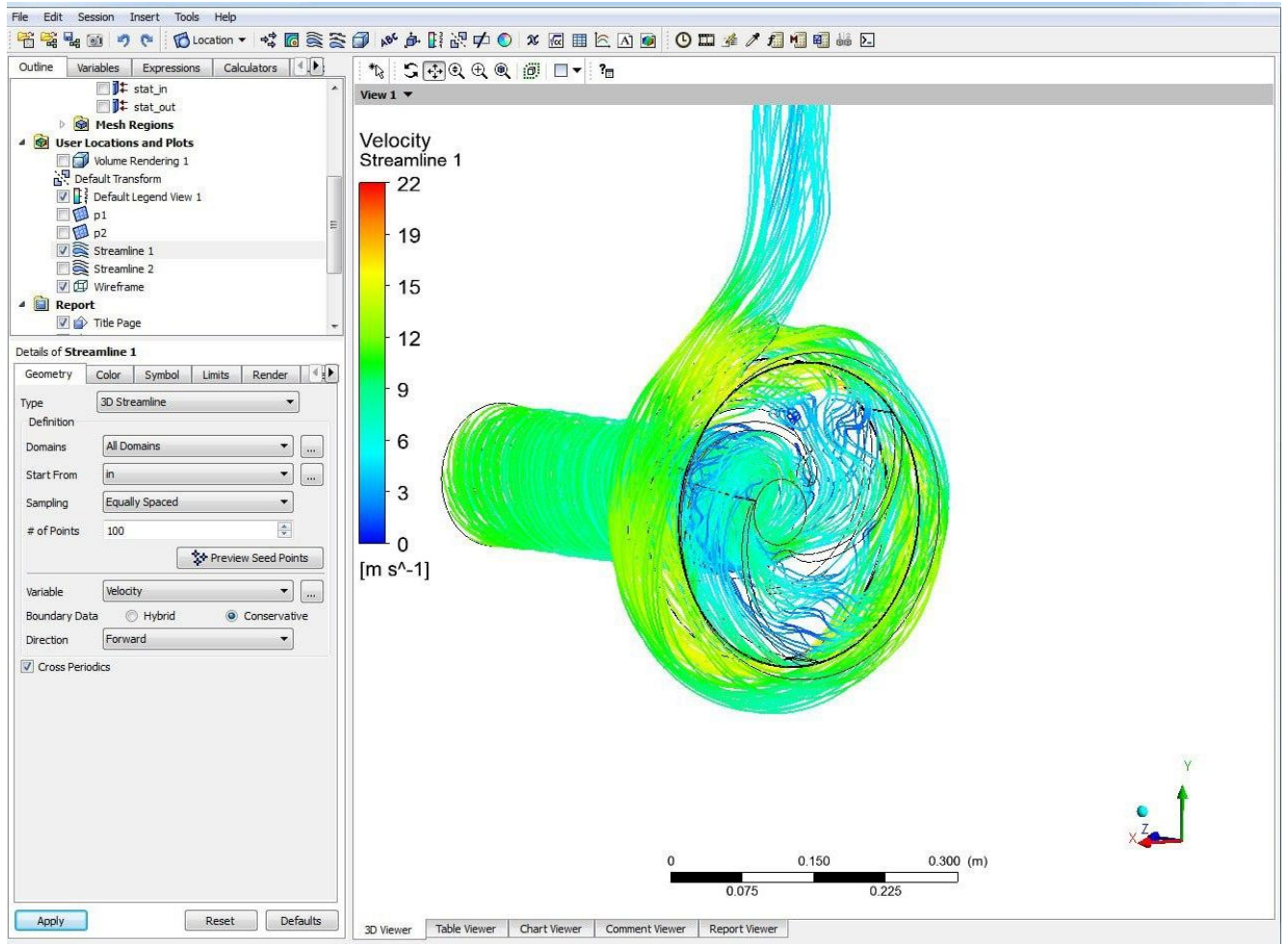


Рис10

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

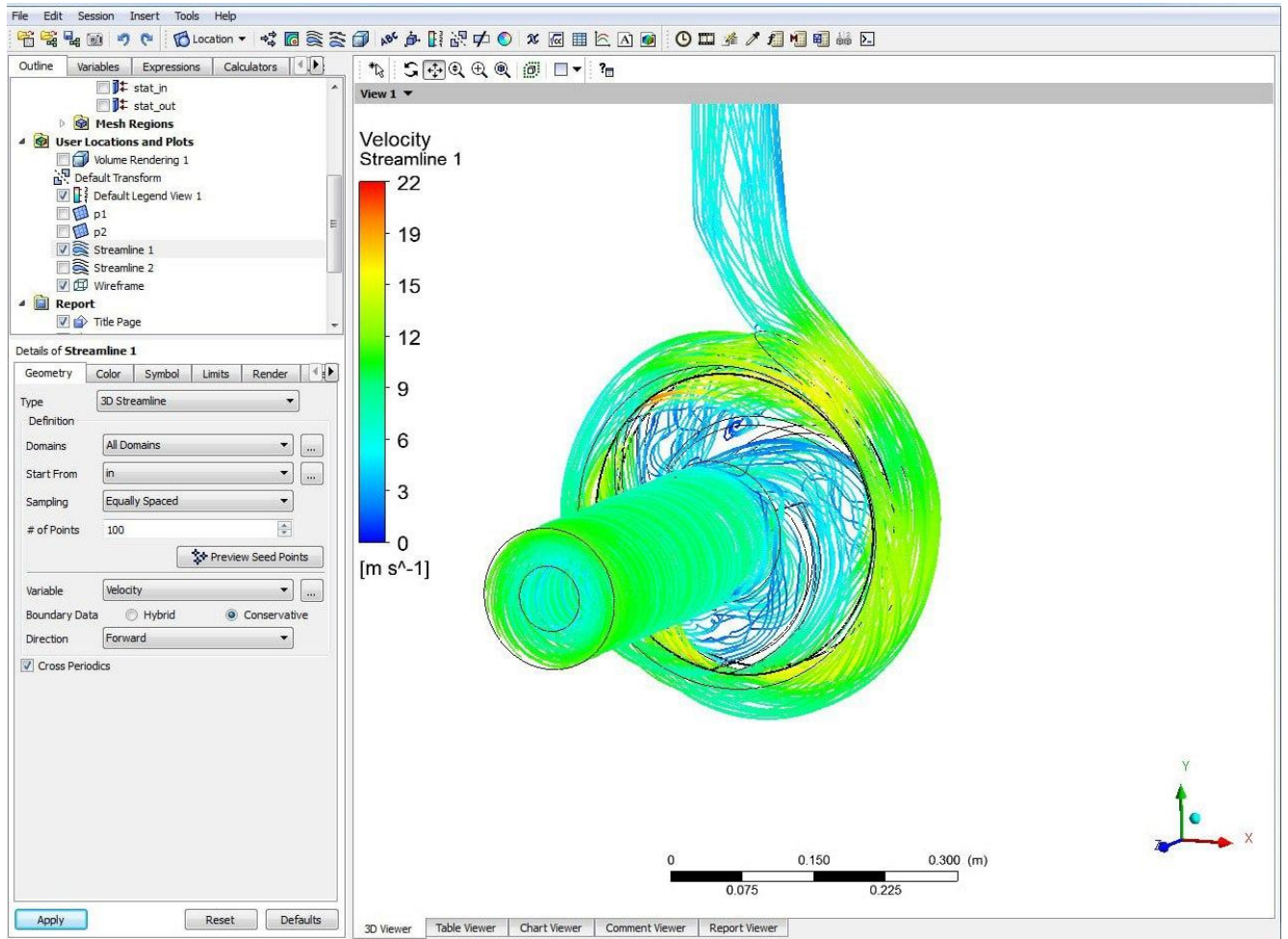


Рис. 11

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

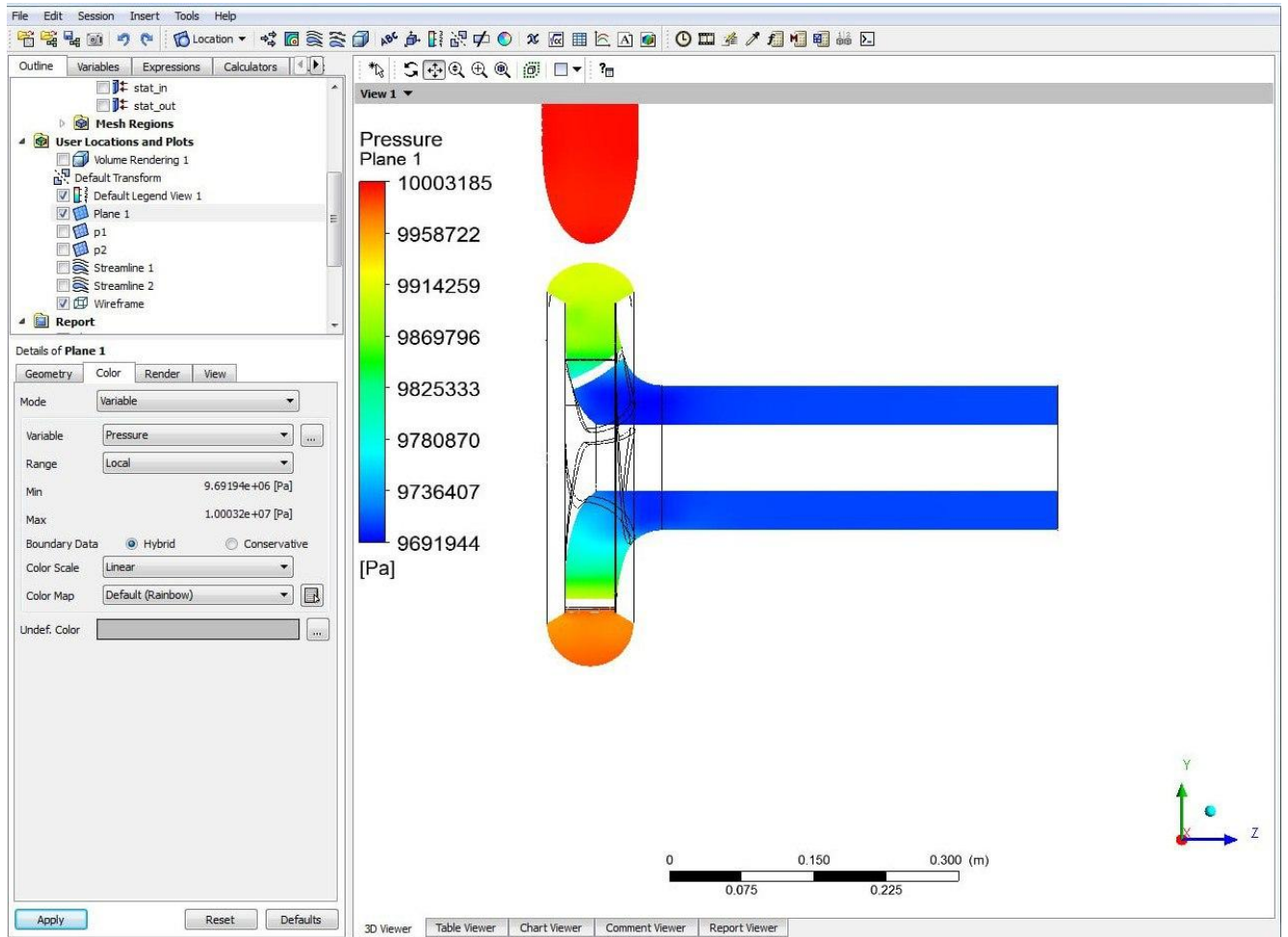


Рис. 12

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

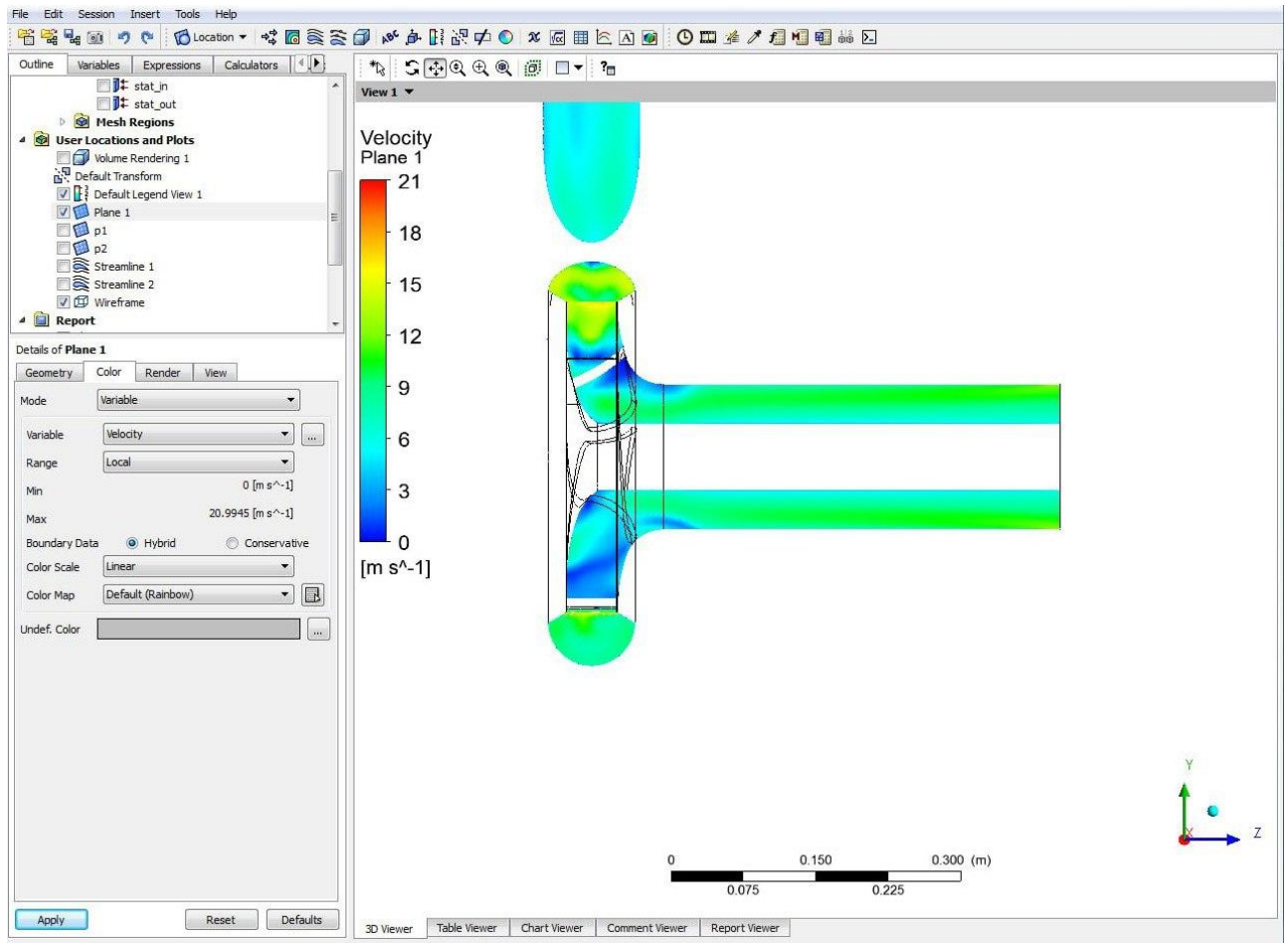


Рис. 13

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

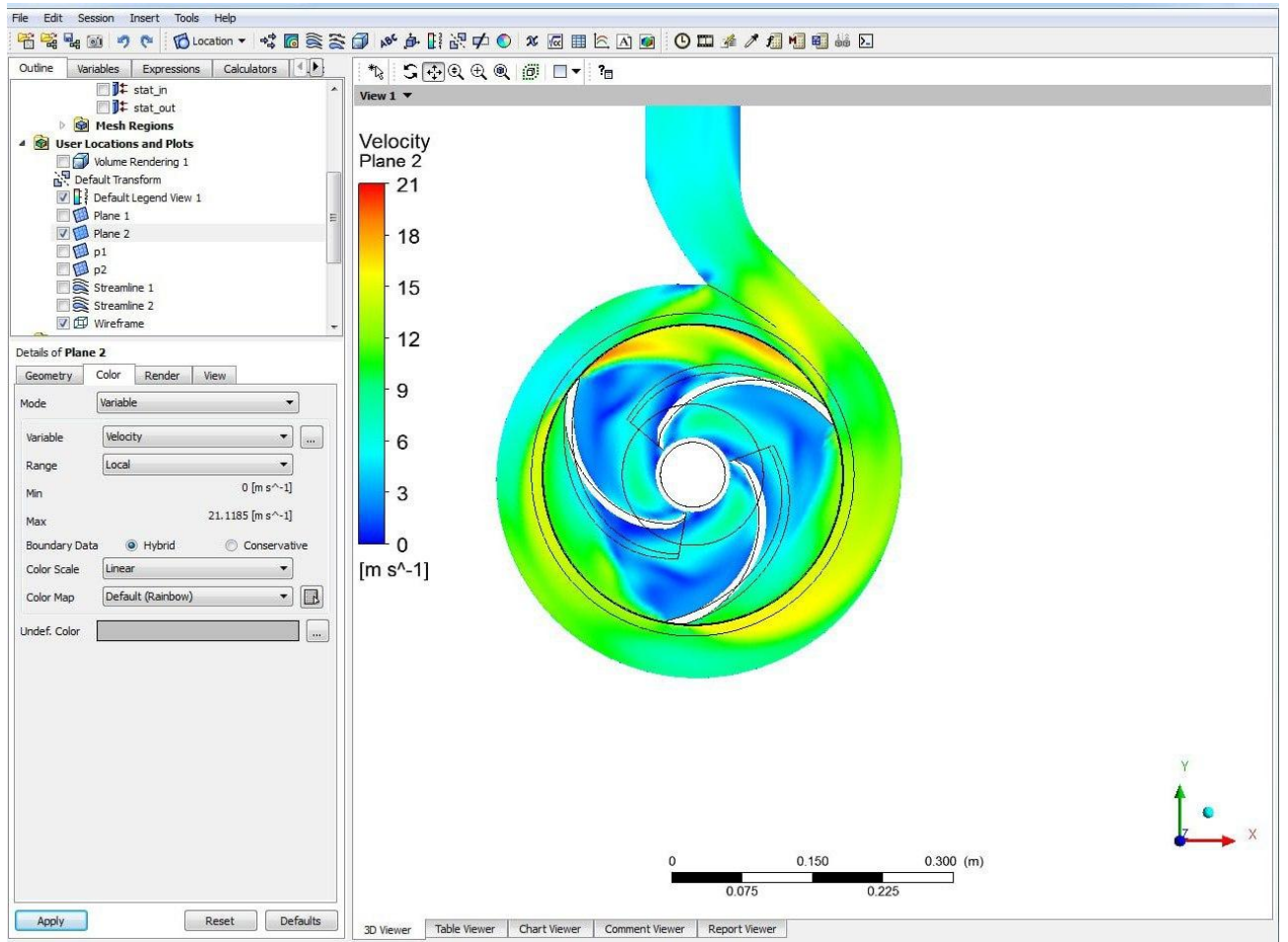


Рис.14

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

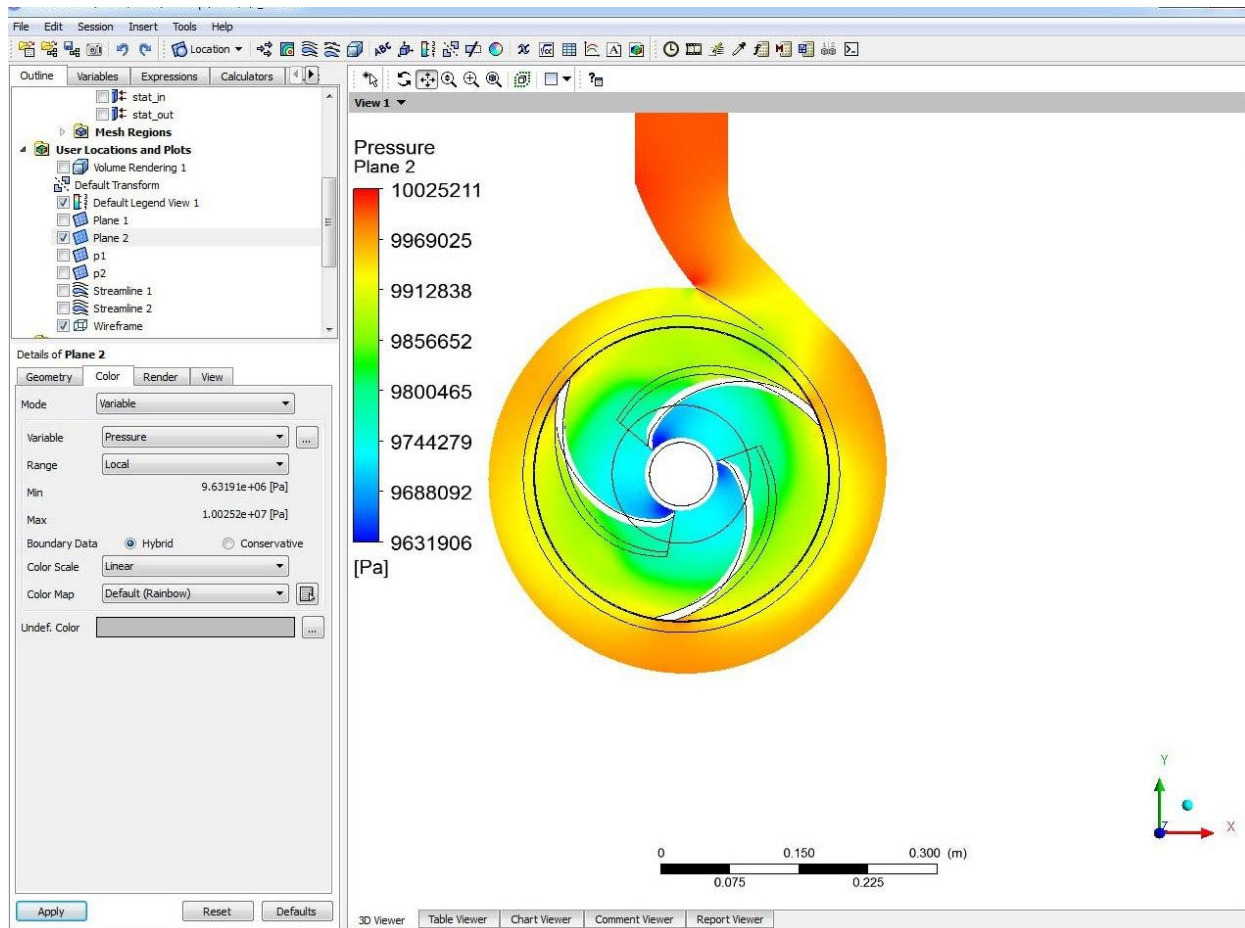


Рис. 15

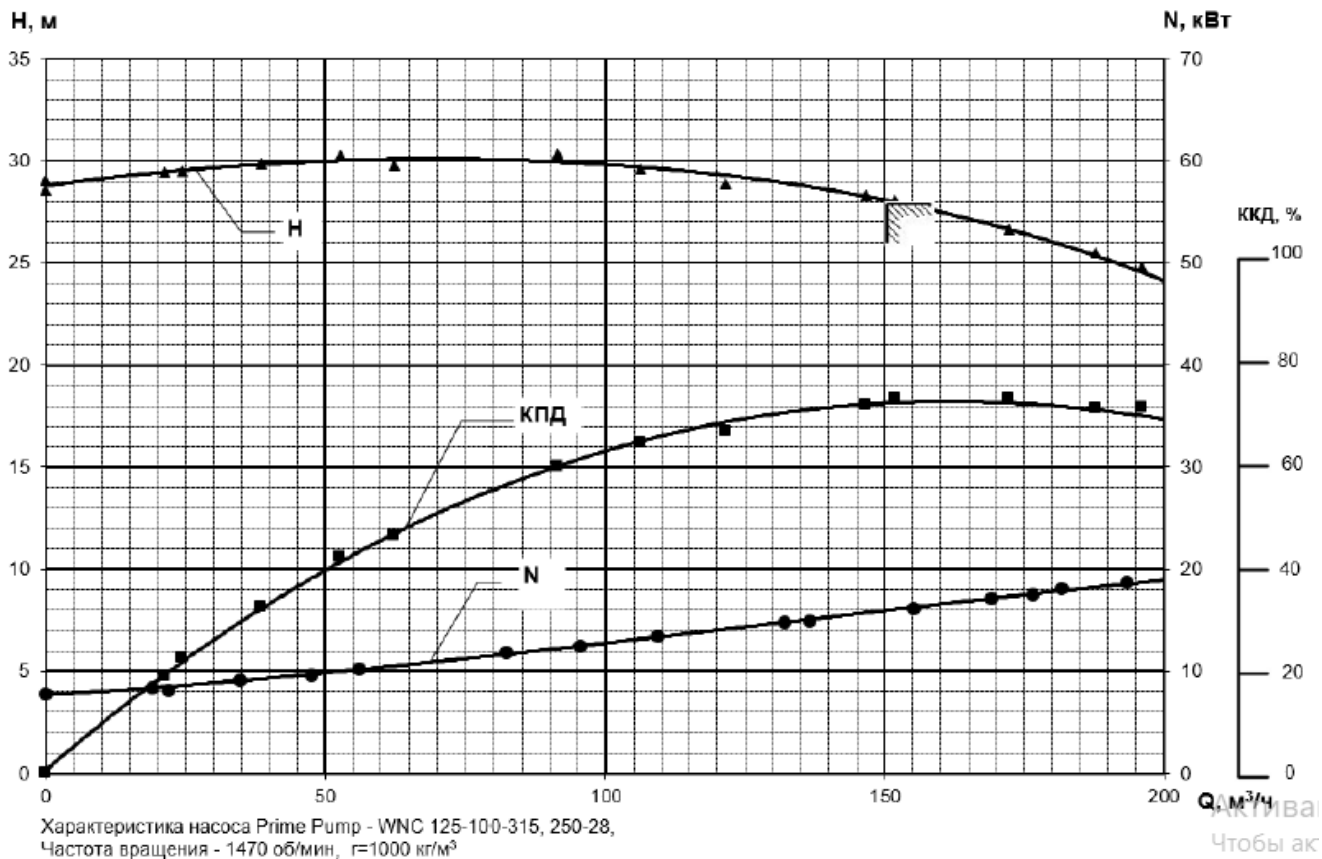


Рис.16

8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунок собівартості насосного агрегату WNS 125-100-315

Собівартість продукції – це витрати підприємства на виготовлення та реалізацію товару вираженого в грошовій формі. Собівартість продукції включає в себе вартість сировини, матеріалів, палива та енергії, амортизацію основних фондів, заробітну плату працівників та інші витрати на виробництво необхідної продукції. Собівартість один з важливих якісних показників що характеризує всі сторони діяльності підприємства. Вона відбиває ефективність використання трудових і матеріальних ресурсів на випуск продукції.

Розраховуємо повну собівартість насосного агрегату.

1. Витрати на основні матеріали:

$$Z_M = \sum_{i=1}^n C_i \cdot N_i - C_{від},$$

де C_i – оптова ціна і-ої одиниці матеріалу, грн.;

N_i – норма витрати на одиницю виробу і-того матеріалу, кг;

$C_{від}$ – вартість зворотніх реалізованих відходів, грн;

n – число видів матеріалів.

Дані для розрахунку наведені в таблиці 2.

Таким чином отримаємо:

Табл.2

№ п/п	Деталь	Матеріал	Маса, кг	Кіл., шт	Ціна 1 кг матеріалу, грн.	Сума, грн
1.	Корпус	12X18H10ТЛ	76,1	1	200	15220

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.	Робоче колесо	12X18Н10ТЛ	21	1	200	4200
3.	Експелер	12X18Н10ТЛ	2,53	1	200	506
4.	Вал	14X17Н2	9,7	1	160	1552
5.	Гильза захитная	12X18Н10Т	1,27	1	160	203,2
6.	Гайка	12X18Н10Т	0,4	1	160	64
7.	Опора	Ст3	1,67	1	47	78,49
8.	Втулка	Ст2	0,6	2	47	56,4
9.	Кронштейн	СЧ20	20	1	100	2000
10.	Кришка підшипника	Ст3	2	2	47	188
11.	Кришка	12X18Н10ТЛ	38,4	1	200	7680
12.	Обойма	12X18Н10Т	16,7	1	160	2672
13.	Штуцер	Ст3	0,3	1	47	14,1
14.	Пробка	Ст 3	0,03	1	47	1,41
15.	Фланец нажимний	Ст 3	1	1	47	47
16.	Пробка	Ст 3	0,03	1	47	1,41
17.	Кільце	12X18Н10Т	0,03	1	160	4,8
18.	Кільце гідрозатвор	12X18Н10Т	0,36	1	160	57,6
19.	Бронедиск	12X18Н10Т	2,95	1	160	472

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

20.	Прокладка	Пароніт	0,01	2	217	4,34	
21.	Прокладка	Пароніт	0,01	1	217	2,17	
22.	Фланець	Ст 3	4,87	1	47	228,89	
23.	Фланець	Ст 3	4,02	1	47	188,94	
24.	Полумуфта	Сталь 45	3,85	2	47	361,9	
						З_м	35804,65

2. Витрати на вироби, що закупаються:

$$Z_{\text{пок}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пок},i} \cdot N_{\text{пок},i}$$

де $C_{\text{пок},i}$ – оптова ціна і-того типорозміру виробу, що закупаються;

$N_{\text{пок},i}$ – кількість виробів, що закупаються.

Дані для розрахунку наведені в таблиці 2

Таблиця 3 Витрати, що закупаються

№ п/п	Найменування	Кіль-кість, шт.	Ціна, грн.	Сума, грн
1.	Електродвигун АИР 180s4	1	36000,00	36000,00
2.	Підшипник кочення 6311 SKF	2	1394,00	2788,00
3.	Кільце гумове 024x029x30	1	27,30	17,30

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

4.	Кільце гумове 052x060x46	3	32,40	97,20
5.	Кільце гумове 042x050x46	1	25,36	25,36
6.	Манжета 1.1-50x70-1 ГОСТ 8752-79	2	21,91	43,82
7.	Вироби кріплення	–	–	550
			З_{пок}	39531,68

3. Транспортні – заготівельні витрати:

$$Z_{тр} = \frac{K_{тр} \cdot (Z_m + Z_{пок})}{100\%},$$

де $K_{тр}$ – відсоток транспортно-заготівельних витрат, %.

Приймаємо $K_{тр} = 4\%$. Тоді:

$$Z_{гр} = \frac{4\% * (39531,68 + 35804,65)}{100\%} = 3013,45 \text{ грн}$$

4. Розрахунок заробітної платні працівників виробництва:

$$C_3 = C_2 \cdot K_{ср} \cdot T_n \cdot K_{пр},$$

де C_2 – годинна тарифна ставка першого розряду робочих відрядників з нормальними умовами праці. Визначається за даними заводу-виробника.

Приймаємо $C_2 = 60$ грн/год.

$K_{ср}$ – тарифний коефіцієнт, що відповідає середньому розряду робіт.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Приймаємо $K_{cp} = 1,33$

T_n – трудомісткість нового виробу, н.год.

K_{np} – коефіцієнт, що враховує розмір премії. Приймається $K_{np} = 1,4$.

Трудомісткість нового виробу визначається за формулою:

$$T_n = T_a \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{Q_n}{Q_a}\right)^2} \cdot K_{нов},$$

де T_a – трудомісткість робіт виробу-аналога, н.год. Визначається за даними виробника. В даному випадку $T_a = 150$ (приймаємо найбільший з представлених у [19]);

Q_n, Q_a – відповідно маси проектуємої конструкції та виробу аналогу, т;

$K_{нов}$ – коефіцієнт новизни конструкції, яка проектується. Приймаємо

$K_{нов} = 1$.

$$T_n = 150 * \sqrt[3]{\left(\frac{462}{512}\right)^2} * 1 = 140 \text{ н. г.}$$

Тоді заробітна платня:

$$C_3 = 60 * 1,33 * 140 * 1,4 = 15288,00 \text{ грн.}$$

5. Додаткова заробітна платня виробничих працівників, визначається у відсотках від основної заробітної платні. Відсоток додаткової заробітної платні складає 40% від основної заробітної платні виробничих працівників, тобто:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$C_{\text{дод}} = \frac{40\% \cdot C_3}{100\%},$$

$$C_{\text{дод}} = \frac{40\% \cdot 15288,00}{100\%} = 6115,21 \text{ грн.}$$

6. Нарахування на заробітну платню нараховується у відсотках від суми основної та додаткової заробітної платні виробничих працівників та враховує відрахування на соціальне страхування в розмірі 38,11% (з 1 липня 2011 року):

$$C_H = (C_3 + C_{\text{дод}}) \cdot 0,3811,$$

$$C_H = (15228,00 + 6115,21) \cdot 0,3811 = 8156,84 \text{ грн.}$$

7. Витрати на відшкодування зношення спеціальних пристосувань та інструментів визначається в розмірі 40% від основної заробітної платні:

$$C_{\text{інст}} = 0,4 \cdot C_3,$$

$$C_{\text{інст}} = 0,4 \cdot 15288 = 6115,20 \text{ грн.}$$

8. Визначення накладних витрат:

а) витрати по утриманню та експлуатації обладнання:

$$C_{\text{вy}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{вy}}}{100},$$

де $K_{\text{вy}}$ – відсоток витрат по утриманню та експлуатації обладнання до основної заробітної платні. За розрахунками по аналогу $K_{\text{вy}} = 143\%$. [19]

$$C_{\text{вy}} = \frac{15288 \cdot 143\%}{100\%} = 21861,84 \text{ грн.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

б) цехові витрати визначаються у відсотках від основної заробітної платні виробничих працівників за формулою:

$$C_{цв} = \frac{C_з \cdot K_{цв}}{100},$$

де $K_{цв}$ – відсоток цехових витрат до основної заробітної платні. Приймаємо

$$K_{цв} = 108\%.$$

$$C_{цв} = \frac{15288 \cdot 108\%}{100\%} = 16511,04 \text{ грн.}$$

в) загальновиробничі витрати визначаються у відсотках від основної заробітної платні виробничих працівників:

$$C_{зв} = \frac{C_з \cdot K_{зв}}{100},$$

де $K_{зв}$ – відсоток загальнозаводських витрат до основної заробітної платні. За відсутністю даних приймаємо $K_{зв} = 195\%$.

$$C_{зв} = \frac{15288 \cdot 195\%}{100\%} = 29811,60 \text{ грн.}$$

9. Виробнича собівартість виробу, який проектуємо визначається як сума всіх розрахованих витрат за статтями калькуляції:

$$C_{\text{вир}} = 39531,68 + 35804,65 + 3013,45 + 15288 + 6115,21 + 8156,84 + 6115,20 + 21861,84 + 16511,04 + 29811,60 = 182209,51 \text{ грн.}$$

10. Позавиробничі витрати визначаються у відсотках від виробничої собівартості виробу, який проектуємо і складають 3%:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$C_{нв} = 0,03 \cdot C_{вир},$$

$$C_{пв} = 0,03 \cdot 182209,51 = 5466,29 \text{ грн.}$$

11. Повна собівартість виробу:

$$C_{пов} = C_{вир} + C_{нв},$$

$$C_{пов} = 182209,51 + 5466,29 = 187675,80 \text{ грн.}$$

12. Визначення планових накопичень та договірної ціни проектуемого виробу:

а) планові накопичення визначають ся з умов рентабельності виробництва до повної його собівартості за формулою:

$$П = \frac{C_{пов} \cdot P}{100},$$

де P – рентабельність виробу, %. У нашому випадку 25%.

$$П = \frac{187675,8 \cdot 25\%}{100\%} = 46918,95 \text{ грн.}$$

б) договірна оптова ціна дорівнює:

$$Ц_{опт} = C_{пов} + П,$$

$$Ц_{опт} = 187675,8 + 46918,95 = 234594,75 \text{ грн.}$$

Отримані розрахунки заносимо до таблиці 3.

Таблиця 4 – Планова калькуляція собівартості насосу WNS 125-100-315

№	Стаття витрат	Сума, грн.
1.	Сировина та основні матеріали	39531,68

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.	Покупні вироби та напівфабрикати	35804,65
3.	Транспортно-заготівельні витрати	3013,45
4.	Основна заробітна плата	15288
5.	Додаткова заробітна плата	6115,21
6.	Нарахування на заробітну плату	8156,84
7.	Витрати на відшкодування зносу спеціальних пристосувань	6115,2
8.	Витрати по утриманню та експлуатації	21861,84
9.	Цехові витрати	16511,04
10.	Загальнозаводські витрати	29811,6
11.	Виробнича собівартість	182209,51
12.	Позавиробничі витрати	5466,29
13.	Повна собівартість	187675,8
14.	Планове накопичення	46918,95
15.	Оптова ціна	234594,75

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Усі новоприйняті на роботу особи повинні бути ознайомлені з умовами праці, правами та обов'язками, які вони повинні виконувати. У статтях розділу Трудового кодексу про охорону праці зазначено, що кожна установа, де працюють люди, повинна забезпечувати здорові та безпечні умови праці, які відповідають вимогам охорони праці. Усі будівлі та споруди не повинні становити загрози для працівників або негативно впливати на їхнє здоров'я чи добробут.

Власники або уповноважені ними органи зобов'язані приділяти увагу умовам праці своїх працівників, сприяти оздоровленню навколишнього середовища тощо. Забезпечувати контроль за станом здоров'я працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими умовами праці, та забезпечувати їх спецодягом і засобами захисту від шкідливого впливу речовин, що використовуються на виробництві. Стежити за дотриманням трудового законодавства, забезпечувати умови для контролю за умовами праці та дбати про відпочинок працівників.

Навчання та інструктажі працівників з питань охорони праці є невід'ємною частиною системи управління охороною праці. Вони проводяться з вихованцями, учнями та студентами в навчальних закладах, а також з працівниками на робочому місці.

Усі працівники, які приймаються на роботу і проходять навчання та інструктажі з охорони праці на підприємстві, під час роботи навчаються правилам надання першої та невідкладної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правилам поведінки у разі виникнення аварії або пожежі на підприємстві. Відповідальність за організацію роботи з охорони праці та вжиття заходів щодо зниження і запобігання нещасним випадкам на виробництві та професійним захворюванням покладається на керівника підприємства. Відповідальним за

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

охорону праці, техніку безпеки та виробничу санітарію є інженер з охорони праці (старший інженер), який підпорядковується головному інженеру компанії.

Працівники, які виконують роботи з підвищеною небезпекою або потребують спеціального добору, проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці у строки, передбачені відповідними галузевими нормативними актами, які проводяться не рідше одного разу на рік.

У харчовій та переробній промисловості працівники, які виконують роботи з обслуговування обладнання підвищеної небезпеки, зобов'язані проходити навчання безпечним методам роботи. Таке навчання відбувається безпосередньо на робочому місці відповідно до програми, затвердженої керівництвом підприємства та погодженої з Державним органом нагляду за охороною праці, і підлягає обов'язковій перевірці знань. Сюди входять роботи, пов'язані з обслуговуванням парових і водогрійних котлів, виробничих печей та інших теплових установок, що працюють під тиском, компресорів, холодильних установок, газових установок та електроустановок.

Усі особи, допущені до роботи, проходять регулярне навчання та перевірку знань з питань охорони праці та промислової безпеки перед початком виконання своїх обов'язків.

Навчання керівників підприємств і установ та їх представників, які безпосередньо відповідають за організацію роботи з охорони праці на підприємствах і в установах, проводиться в навчальних закладах, що мають дозвіл Державного комітету України з нагляду за охороною праці на проведення такого навчання.

На підприємствах навчання з питань охорони праці організовується службою охорони праці підприємства і проводиться із залученням працівників

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

служби охорони праці та спеціалістів, які пройшли навчання і перевірку знань у навчальних закладах або установах Держнаглядохоронпраці України.

Працівники та спеціалісти малих підприємств, де немає можливості створити комісію для проведення навчання і перевірки знань, проходять навчання у відповідних місцевих навчальних закладах або на підприємствах, близьких за характером виробництва, і перевіряються комісією місцевого органу Держнаглядохоронпраці.

Інструктажі можуть бути наступних видів:

- 1) вступний (для всіх новоприйнятих працівників)
- 2) первинний (проводиться на робочому місці до початку роботи новоприйнятих працівників)
- 3) Вторинний (проводиться на робочому місці для всіх працівників)
- 4) Позапланова (проводиться при введенні нових нормативних актів, при заміні технологічних процесів, при порушенні працівниками нормативних актів, на вимогу відповідних державних органів, при перерві в роботі підрядника більше ніж на 30 календарних днів тощо).
- 5) Предмет (наприклад, при виконанні разової роботи, ліквідації наслідків аварії, при виконанні робіт, оформлених нарядом-допуском або дозволом, при організації екскурсій або групових заходів зі студентами чи учнями).

Працівники можуть виконувати роботу тільки після проходження інструктажу з техніки безпеки. Інструктажі включають вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці та повторний інструктаж. Вступний інструктаж проводить інженер з техніки безпеки в кабінеті (куточку) техніки безпеки, обладнаному відеоматеріалами; інструктаж на робочому місці проводить відповідальний за виробничу ділянку, з демонстрацією безпечних методів роботи.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проходження вступного інструктажу та інструктажу на робочому місці фіксується в "контрольному листі", який підписується інженером з техніки безпеки, працівником, відповідальним за виробничу дільницю та директором заводу або начальником виробничої дільниці. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на півроку, а додатковий - у разі порушення працівниками правил та інструкцій з охорони праці, технічної та виробничої дисципліни, а також у разі зміни технологічних процесів або видів робіт. Повторні та додаткові інструктажі реєструються в спеціальному журналі, який веде відповідальний за виробничу дільницю.

Численні ергономічні вимоги щодо якості машин, елементів обладнання та просторової конфігурації виробничого середовища можуть створити враження, що процес оптимізації робочого місця завершено. Однак наявний досвід суперечить цьому твердженню. Навіть якщо врахувати всі ергономічні рекомендації та впровадити їх як є, це не обов'язково призведе до створення комфортного робочого місця. Тут, як і з усіма іншими компонентами робочого місця, необхідно прийняти ряд рішень, які впливають на естетичну якість робочого середовища. Зокрема, необхідно взяти до уваги наступне

- Визначити і реалізувати розумну організацію компонентів робочого середовища, враховуючи площу і розмір робочого місця;
- Встановити розумний розподіл світла і тіні; і
- Визначити ступінь взаємного узгодження форми, кольору, матеріалів тощо елементів робочого середовища; та
- покращення естетичних параметрів робочих інструментів, наприклад, за рахунок використання кольору.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Врахування цих вимог дозволяє підвищити композиційну цілісність та інформаційну виразність робочого місця. Робоче місце (далі РМ) - це простір, обладнаний технічними засобами, в якому відбувається діяльність виконавця. Організація робочого місця - це система заходів щодо оснащення робочого місця засобами і предметами праці та їх розміщення в певному порядку. Правильна організація робочого місця сприяє підвищенню продуктивності праці.

Організація робочого місця включає в себе

- Врахування психофізіологічної сумісності працівників і засобів праці;
- Аналіз фізичних характеристик людини з метою вибору ергономічно обгрунтованих робочих позицій і робочих зон;
- Раціональне планування РМ;
- врахування факторів зовнішнього середовища, включаючи соціальні та психологічні аспекти.

На основі загальних принципів організації робочого місця в нормативно-методичних документах розроблені вимоги до проектування робочих місць. До них відносяться:

Вимоги до конструкції робочих столів:

Вимоги до розмірів робочої поверхні обладнання (висота: 680. .800 мм; ширина: висота: 680-800 мм; ширина: 600-1400 мм; глибина робочої поверхні: 800-1000 мм): 800. .1000 мм);

Вимоги до простору для ніг: робочі місця повинні бути обладнані підставками для ніг шириною не менше 300 мм і глибиною не менше 400 мм, висотою до 150 мм і регульованим кутом нахилу опорної поверхні підставки для

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ніг до 20°. Підставка повинна мати рифлену поверхню та бортик висотою 10 мм по передньому краю.

Вимоги до параметрів зони розміщення виконавчих органів на пристрої - вони повинні бути розміщені на поверхні столу на відстані 100,300 мм від краю, зверненого до оператора. Конструкція клавіатури повинна включати опорний пристрій (з матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що запобігає природному зміщенню), який дозволяє змінювати кут нахилу поверхні клавіатури в межах 5,15°. Висота клавіш середнього ряду не повинна перевищувати 30 мм. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4.

Вимоги до параметрів розташування пристроїв відображення інформації - Екран повинен розташовуватися на оптимальній відстані 600-700 мм від очей користувача з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів, але не ближче 600 мм. Екран повинен бути розташований у вертикальній площині під кутом +30° до нормальної лінії погляду оператора для зручності зорового спостереження;

Вимоги до взаємного розташування пристроїв управління та відображення інформації - розташування пристроїв введення/виведення інформації повинно забезпечувати хорошу видимість екрану та зручність ручного управління в межах легкої досяжності тренажерної зони, висотою 900.1300 мм та шириною 400.500 мм.

Вимоги до сидіння на робочому місці відповідно до технічних характеристик робочого місця та антропометричних параметрів людини. Робочий стілець повинен бути піднятим і регульованим за висотою, кутом і нахилом сидіння та спинки, а також відстанню від спинки до переднього краю сидіння; сидіння повинно бути плоским, а передній край - заокругленим. Регулювання кожного параметра повинно бути незалежним, простим і безпечним. Крок

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

регулювання елемента крісла повинен становити 15,20 мм у лінійному вимірі та 2,5° у кутовому вимірі. Зусилля регулювання не повинно перевищувати 20 Н.

Висота сидіння повинна регулюватися в діапазоні від 400 до 500 мм, ширина та глибина - не менше 400 мм. Кут нахилу сидіння повинен бути обмежений 15° вперед і 5° назад.

Спинка повинна мати висоту (300 ± 20) мм, ширину щонайменше 380 мм і радіус кривизни горизонтальної поверхні 400 мм. Кут нахилу спинки повинен регулюватися в межах 1,30° від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння регулюється в діапазоні 260-400 мм.

Фіксовані або знімні підлокітники довжиною не менше 250 мм і шириною 50,70 мм для зняття статичного напруження м'язів верхніх кінцівок, висота від сидіння повинна регулюватися в межах 230,260 мм, а відстань між підлокітниками - в межах 350,500 мм.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до проходження переддипломної практики / укладачі: В. Ф. Герман, В.О.Панченко. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 29 с.
2. Каталог консольних насосів К [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ueck.ru/catalog/nasosy/konsolnye_k-item/.
3. ДСТУ 4132-2002. Насоси відцентрові загальнопромислового застосування. Вимоги до проектування, виготовляння, постачання, монтажування та експлуатування. Звід правил.
4. ДСТУ 3063-95. Насоси. Класифікація. Терміни та визначення.
5. Спеціальні гідромашини : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. В. Івченко, С. С. Мелейчук, Е. В. Колісніченко, О. В. Рясна; за заг. ред. В. О. Панченка. – Суми : СумДУ, 2021. – 229 с.
6. Панченко В. О. Гідравлічні машини і обладнання нафтових та газових комплексів / Суми : СумДУ, 2018 – 227 с.
7. Кондусь В. Ю. Лопатеві насоси: навчальний посібник / В. Ю. Кондусь, О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 294 с.
8. Підконтрольна експлуатація обладнання насосних станцій : навч. посіб. / В. О. Панченко, В. Ф. Герман, О. В. Івченко та ін.; за заг. ред. В. О. Панченка. – Суми : СумДУ, 2020. – 270 с.
9. Дегтярьов І. М. Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навч. посіб. / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : СумДУ, 2021. – 265 с.
10. Гідравліка : підручник / О. В. Ратушний, О. Г. Гусак. – 2-ге вид., перероб. – Суми : СумДУ, 2022. – 251 с.
11. Гідрогазодинаміка: навч. посіб. / О. Г. Гусак, С. О. Шарапов, О. В. Ратушний. – Суми : СумДУ, 2022.
12. Фінкельштейн З. Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навчальний посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко ; за ред. П. М. Андренка. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 308 с.
13. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 151 с.
14. Основи наукових досліджень : навч. посіб. / М. Мальська, Н. Паньків. – Львів : Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2020. – 226 с.
15. Охорона праці в галузі : навчальний посібник / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий. – Київ : Центр учбової літератури, 2017. – 322 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

16. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник [для студентів вузів технічних спеціальностей] / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2017. – 556 с.

17. Сокурєнко В. В. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник / В. В. Сокурєнко, О. М. Бандурка, С. М. Бортник. – Харків : ХНУВС, 2021. – 308 с.

18. Краснянський М. Ю. Екологічна безпека: навчальний посібник. – Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. – 180 с.

19. Основи професійної безпеки та здоров'я людини : підручник / В. В. Березуцький [та ін.] ; під ред. проф. В. В. Березуцького. – Харків : НТУ «ХП», 2018. – 553 с.

20. Олійник П. В., Омельчук С. Т., Чаплик В. В. [та ін.] Цивільний захист : підручник. – Вінниця : Нова Книга, 2013. – 328 с.

21. Гідродинамічні передачі і приводи: конспект лекцій: у 2 ч. (Ч. 1. Гідродинамічні муфти) / укладач О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 109 с.

22. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід. – Ч. 1. Гідравліка і гідравлічні машини/ В. Р. Кулінченко, І. В. Дубковецький, О. М. Деменюк. – Київ : НУХТ, 2012. – 246.

23. Підконтрольна експлуатація обладнання насосних станцій [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Гідравлічні машини, гідропроводи та гідропневмоавтоматика» / В. О. Панченко, В. Ф. Герман. – Електронне видання каф. Прикладної гідроаеромеханіки. – Суми : СумДУ, 2020. — 264 с.

24. Ратушний О. В. VI технологічний уклад: перспективи розвитку систем, які передають енергію рідині : монографія / О. В. Ратушний. – Суми : Вид-во СумДУ, 2020. – 212 с.

25. Rzhebaeva N. K. Calculation and Designing of Centrifugal Pumps: study guide / N. K. Rzhebaeva, E. E. Rzhebaev. – Sumy : Sumy State University, 2016. – 205 p.

26. Срібнюк С. М. Насоси і насосні установки : навч. посіб. / С. М. Срібнюк. – Київ : ЦУЛ, 2017. – 312 с.

27. Гусак О. Г. Теорія гідромашин : навч. посіб. / О. Г. Гусак, В. О. Панченко. – Суми : СумДУ, 2022. – 158 с.

28. Applied Fluid Mechanics Lab Manual [Електронний ресурс] / H. Ahmari, S. Md. I. Kabir; ed. G. Bowers. – Arlington : Mavs Open Press, 2019. – 104 p.

29. Gulich J. F. Centrifugal Pumps / Johann Friederich Gulich // Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2020. – 1116 p.

30. Renewable Energy Devices and Systems with Simulations in MATLAB and ANSYS. Frede Blaabjerg, Dan M. Ionel / Taylor & Francis Group. – 415 p.

31. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, В. К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 236 с.

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

32. Енергозбереження : навчальний посібник / Краснянський М. Ю. – Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. – 136 с.

33. Управління енергоспоживанням: промисловість і соціальна сфера : монографія / за заг. ред. : О. М. Теліженка, М. І. Сотника. – Суми : Мрія-1, 2018. – 336 с.

34. Енергетичний інжиніринг та менеджмент: в 3-х ч. Ч. І. Проектування ефективних енергетичних систем / П. Г. Плешков, С. В. Серебренніков, О. І. Сіріков, І. В. Савеленко. – МОН, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 156 с.

35. Основи енерго- і ресурсозбереження: навчальний посібник / Канюк Г. І., Пугачова Т. М., Без'язичний В. Ф., Близниченко О. М., Шматков Д. І. – Харків: друкарня «Мадрид», 2019. – 230 с.

36. Нестерчук Д. М. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / Д. М. Нестерчук, С. О. Квітка, С. В. Галько. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. – 256 с.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						