МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
_____ / О.В. Юсупова
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.02.04.03 «Технологическое управление и автоматизация процессов трубопроводного транспорта углеводородов»

Код и направление подготовки (специальность)	21.03.01 Нефтегазовое дело
Направленность (профиль)	Цифровые технологии в нефтегазовой отрасли
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очно-Заочная
Год начала подготовки	2023
Институт / факультет	Институт нефтегазовых технологий (ИНГТ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений"
Кафедра-разработчик	кафедра "Трубопроводный транспорт"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	216 / 6
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

Самара 2023

Б1.В.02.04.03 «Технологическое управление и автоматизация процессов трубопроводного транспорта углеводородов»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **21.03.01 Нефтегазовое дело**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 96 от 09.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат технических наук, доцент	А.А Афиногентов
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)
Заведующий кафедрой	Е.В. Стефанюк, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	А.Ю Чуркина, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	А.М. Зиновьев, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	Г.А. Ковалева, кандидат технических наук
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 6
4.2 Содержание лабораторных занятий 7
4.3 Содержание практических занятий 9
4.4. Содержание самостоятельной работы 10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 12
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 13
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 14
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 14
9. Методические материалы 15
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 17

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-4 Способен осуществлять анализ, выбор и обеспечение технологического процесса и технологий транспорта углеводородов	ПК-4.3 Разрабатывает режимы работы магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов	Владеть Навыками оперативного управления и контроля за параметрами режима работы МН
			Знать Технологическое оборудование участков магистральных нефтепроводов и принципы расчета гидравлических систем
			Уметь Разрабатывать карты технологических режимов работы ТУ МН, планы-графики перекачки нефти, строить эпюры давлений на участке

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-4	Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ	Диагностика и контроль состояния оборудования магистральных трубопроводов; Обеспечение безопасности, сооружений и технологических процессов на объектах нефтегазовой отрасли; Производственная практика: технологическая практика	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы; Программные продукты в транспорте углеводородов; Производственная практика: преддипломная практика; Промышленная и пожарная безопасность на объектах нефтегазовой отрасли

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества

академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	6 семестр часов / часов в электронной форме	7 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	60	40	20
Лабораторные работы	32	24	8
Лекции	14	8	6
Практические занятия	14	8	6
Внеаудиторная контактная работа, КСР	6	3	3
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	132	65	67
выполнение курсовых проектов	14	0	14
подготовка к зачету	32	32	0
подготовка к лабораторным работам	30	10	20
составление конспектов	56	23	33
Контроль	18	0	18
Итого: час	216	108	108
Итого: з.е.	6	3	3

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	4	10	4	31	49
2	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	4	8	4	34	50
3	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	4	10	4	45	63
4	Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	2	4	2	22	30
	КСР	0	0	0	0	6
	Контроль	0	0	0	0	18

	Итого	14	32	14	132	216

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
6 семестр				
1	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Технологические схемы перекачивающих станций магистральных нефтепроводов	1.1.Состав сооружений, генеральный план НПС с резервуарным парком (РП). 1.2.Состав сооружений, генеральный план НПС без РП). 1.3.Технологическая схема НПС с РП. 1.4.Технологическая схема НПС без РП.	2
2	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Насосное оборудование. Магистральная и подпорная насосные станции. Вспомогательные системы насосных станий	2.1.Магистральные насосные агрегаты. 2.2.Система охлаждения (оборотного водоснабжения). 2.3.Маслосистема. 2.4.Подпорные насосные агрегаты	2
7	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Системы автоматики нефтеперекачивающих станций.	7.1. Состав систем автоматизации НПС. 7.2. Система противоаварийной автоматики НПС.	2
8	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Регулирование давления НПС.	8.1. Назначение и принцип работы системы автоматического регулирования давления (САРД). 8.2. Состав оборудования САРД. 8.3. Уставки САРД. 8.4. Совмещенная характеристика НПС-Трубопровод.	2
			Итого за семестр:	**8**
7 семестр				
9	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Технологические режимы работы магистральных нефтепроводов (МН)	9.1.Технологический участок МН. 9.2.Технологический режим работы МН. 9.3.Стационарные (установившиеся) режимы работы МН. 9.4. Нестационарные (неустановившиеся) режимы работы МН.	2
10	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	10.1. Унифицированные технологические расчеты МН. 10.2. Требуемый напор на выходе НПС для заданного расхода. 10.3. Определение основных параметров перекачки, подбор насосного оборудования, определение числа станций для заданного участка трубопровода, расстановка их по трассе. 10.4. Построение эпюр давлений.	2

11	Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	Диспетчерское управление и контроль за работой МН	Структура управления магистральными нефтепроводами ПАО "Транснефть". Полномочия и ответственность диспетчерских служб (ЦДП, ТДП, РДП, МДП). Порядок подготовки МН к пуску в работу, перевода с одного режима на другой и его остановке. Порядок действий оперативно-диспетчерского персонала в нештатных ситуациях	2
			Итого за семестр:	**6**
			Итого:	**14**

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема лабораторного занятия**	**Содержание лабораторного занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
6 семестр				
1	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Технологическая схема нефтеперекачивающей станции.	1.1.Изучение Действующего тренажерного комплекса магистрального нефтепровода (ДТК МН) 1.2. Состав оборудования и технологическая схема НПС с резервуарным парком.	2
2	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Технологическая схема нефтеперекачивающей станции.	2.1.Изучение Действующего тренажерного комплекса магистрального нефтепровода (ДТК МН) 2.2. Состав оборудования и технологическая схема НПС без резервуарного парка.	2
3	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Основное и вспомогательное оборудование НПС	3.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 3.2. Состав оборудования Магистральной насосной станции. 3.3. Системы контроля состояния магистральных насосных агрегатов.	2
4	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Основное и вспомогательное оборудование НПС	4.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 4.2. Состав оборудования подпорной насосной станции. 4.3. Системы контроля состояния подпорных насосных агрегатов.	2
5	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Основное и вспомогательное оборудование НПС	5.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 5.2. Состав оборудования вспомогательных систем НПС. 5.3. Системы контроля состояния вспомогательных систем НПС.	2
6	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Автоматизированное рабочее место оператора НПС	13.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 13.2. Журнал оперативных сообщений НПС. 13.3. Исторические тренды сигналов НПС. 13.4. Формирование отчетов работы оборудования НПС.	2

7	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Автоматизированное рабочее место оператора НПС	14.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 14.2. Контроль за работой оборудования НПС. 14.3. Построение характеристики насосных агрегатов.	2
8	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Системы противоаварийной автоматики НПС	15.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 15.2. Система защит и блокировок НПС. 15.3. Уставки системы защит и блокировок НПС.	2
9	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Системы противоаварийной автоматики НПС	16.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 16.2. Алгоритмы системы защит и блокировок НПС. 16.3. Анализ работы оборудования НПС при срабатывании агрегатных и станционных защит.	2
10	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Технологический участок магистрального нефтепровода (ТУ МН)	17.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 17.2. Состав и структура ТУ МН. 17.3. Основные технологические объекты ТУ МН. 17.4. Оборудование линейной части ТУ МН.	2
11	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Диспетчерское управление ТУ МН	18.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 18.2. Структура Диспетчерской службы МН. 19.3. Уровни диспетчерского управления ТУ МН. 18.3. Автоматизированное рабочее место диспетчера РДП, ТДП.	2
12	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Порядок управления технологическим участком ТУ МН.	19.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 19.2. Действия оперативно-диспетчерского персонала ТУ МН при подготовке участка к пуску. 19.3. Подготовка ТУ МН к пуску. 19.4. Пуск и вывод на режим работы технологического участка. 19.4. Контроль нормативных параметров работы ТУ МН.	2
			Итого за семестр:	**24**
7 семестр				
13	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Порядок управления технологическим участком ТУ МН.	20.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 20.2. Пуск и вывод на режим работы технологического участка. 20.3. Переход с режима на режим ТУ МН. 20.4. Контроль нормативных параметров работы ТУ МН.	2
14	Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	Регулирование режимов работы ТУ МН.	23.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 23.2. Переходные режимы работы ТУ МН. 23.3. Автоматическое регулирование давления в переходных режимах работы ТУ МН.	2

15	Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	Системы противоаварийной автоматики ТУ МН.	24.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 24.1. Алгоритмы защит систем противоаварийной автоматики ТУ МН. 24.2. Системы обнаружения утечек нефти (СОУ) ТУ МН.	2
16	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Анализ технологических режимов работы ТУ МН.	21.1. Тренажерный комплекс Операторов НПС и Диспетчеров РДП. 21.2. Карты режимов работы ТУ МН. 21.3. Обеспечение плана-графика перекачки ТУ МН.	2
			Итого за семестр:	**8**
			Итого:	**32**

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема практического занятия**	**Содержание практического занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
6 семестр				
1	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Изучение состава сооружений (генпланов) и технологических схем НПС с РП и без РП.	Состав сооружений НПС с РП и без РП. Технологические схемы НПС с РП и без РП (на действующем тренажерном комплексе магистрального нефтепровода с дополненной реальностью).	2
2	Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Изучение технологических схем вспомогательного оборудования НПС	Технологическая схема защиты по давлению технологических трубопроводов. Технологическая схема системы сбора, откачки утечек и дренажа. Технологическая схема маслосистемы. Технологическая схема системы оборотного водоснабжения. Технологическая схема ССВД.	2
3	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Системы автоматического регулирования давления НПС	Определение уставок системы автоматического регулирования давления САРД. Анализ эффективности работы САРД.	2
4	Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Определение основных уставок системы защит НПС	Расчет уставок защит по давлению оборудования НПС. Определение уставок защит насосных агрегатов.	2
			Итого за семестр:	**8**
7 семестр				

5	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Анализ стационарных технологических режимов работы ТУ МН	Распределения напора на технологическом участке для различных вариантов стационарных режимов работы МН. Подключение путевых отборов/подкачек. Подключение лупингов. Включение/отключение насосных агрегатов НПС	2
6	Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Технологические расчеты при проектировании МН	Расчет технологического участка МН при проектировании. Подбор насосного оборудования, построение линии гидравлического уклона для участка трубопровода с несколькими НПС.	2
7	Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	Системы противоаварийной автоматики ТУ МН.	Анализ переходных режимов работы ТУ МН. Защиты технологического участка по давлению	2
			Итого за семестр:	**6**
			Итого:	**14**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
6 семестр			
Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Составление конспектов	Магистральные насосные агрегаты. Система охлаждения (оборотного водоснабжения). Маслосистема. Подпорные насосные агрегаты.	3
Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Составление конспектов	Очистка перекачиваемой нефти. Защита по давлению технологических трубопроводов и оборудования. Система сглаживания волн давления. Система дренажа, сбора утечек и их откачки.	5

Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Составление конспектов	Расчет основных параметров центробежных насосов. Определение характеристик перекачивающих станций (ПС). Коэффициент гидравлического сопротивления. Потери напора на трение. Гидравлическая характеристика нефтепровода. Работа центробежного насоса на нефтепровод. Уравнение баланса напоров. Определение характеристик Q, H рабочей точки. Пересчет кавитационных характеристик магистрального насоса с воды на нефть. Расчет минимального значения напора и давления на входе в насос. Кавитационный запас. Влияние свойств перекачиваемой жидкости на характеристики центробежного нефтяного насоса.	3
Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Подготовка к зачету	Все дидактические единицы раздела. Проработка теоретического материала полученного на лекционных, лабораторных и практических занятиях. Подготовка экзаменационных вопросов, представленных в ФОС.	15
Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка к лабораторным работам 1-12. Изучение теоретического материала. Составление отчетов по лабораторным работам.	5
Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Составление конспектов	Анализ нормативных документов по автоматизации объектов магистральных нефтепроводов	7
Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Подготовка к зачету	Все дидактические единицы раздела. Проработка теоретического материала полученного на лекционных, лабораторных и практических занятиях. Подготовка экзаменационных вопросов, представленных в ФОС.	17
Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка к лабораторным работам 13-16. Изучение теоретического материала. Составление отчетов по лабораторным работам.	5

Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов	Составление конспектов	Анализ нормативных документов по автоматизации объектов магистральных нефтепроводов	5
		Итого за семестр:	**65**
7 семестр			
Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Составление конспектов	Определение гидравлического уклона лупинга по известному гидроуклону основного трубопровода. Понятие баланса напоров для системы «насос-трубопровод». Линия гидравлического уклона, ее графическое построение в координатах H - L, информация, которую можно получить, имея линию гидравлического уклона. Расчетное уравнение трубопровода при наличии самотечного участка	19
Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка к лабораторным работам 17-22. Изучение теоретического материала. Составление отчетов по лабораторным работам.	12
Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов	Выполнение разделов курсового проекта	Технологические расчеты магистральных нефтепроводов. Расчет требуемого количества нпс. Построение сжатого профиля трассы. Расстановка НПС графическим методом. Построение эпюр рабочих давлений.	14
Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	Составление конспектов	Системы автоматизированного планирования и расчетов режимов работы ТУ МН	17
Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка к лабораторным работам 23-24. Изучение теоретического материала. Составление отчетов по лабораторным работам.	5
		Итого за семестр:	**67**
		Итого:	**132**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		

1	Коршак, А.А. Нефтеперекачивающие станции : учеб. пособие / А. А. Коршак.- Ростов н/Д, Феникс, 2015.- 269 с.	Электронный ресурс
2	Коршак, А.А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов : учеб. / А. А. Коршак, А. М. Нечваль.- Ростов н/Д, Феникс, 2016.- 541 с.	Электронный ресурс
3	Лурье, М.В. Теоретические основы трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа : учеб. / М. В. Лурье.- М., Недра, 2017.- 477 с.	Электронный ресурс
4	Пименов, В.И. Насосы магистральных трубопроводов : учеб. пособие / В. И. Пименов; Самар.гос.техн.ун-т, Трубопроводный транспорт.- Самара, 2018.- 202 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||3299	Электронный ресурс
5	Энерго-механическое оборудование перекачивающих станций нефтепродуктопроводов; Тюменский индустриальный университет, 2016.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||iprbooks||83750	Электронный ресурс
Дополнительная литература		
6	Лурье, М.В. Задачник по трубопроводному транспорту нефти,нефтепродуктов и газа : учеб.пособие / М. В. Лурье.- М., Недра, 2003.- 349 с.	Электронный ресурс
7	Лурье, М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа : учеб. пособие / М. В. Лурье.- М., Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003.- 355 с.	Электронный ресурс
8	Тугунов, П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : Учеб.пособие / П.И.Тугунов,В.Ф.Новоселов,А.А.Коршак,А.М.Шаммазов .- 3-е изд.,испр..- Уфа, ДизайнПолиграфСервис, 2008.- 655 с.	Электронный ресурс
Учебно-методическое обеспечение		
9	Пименов, В.И. Действующий тренажёрный комплекс магистрального нефтепровода : учебное пособие / В. И. Пименов; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2012.- 167 с.	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Microsoft Excel	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Word	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	"Электронный журнал Нефтегазовое дело"	http://ogbus.ru	Ресурсы открытого доступа
2	Журнал "Нефтяное хозяйство"	http://www.oil-industry.ru/	Ресурсы открытого доступа
3	Журнал Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки».	http://vestnik-teh.samgtu.ru/	Ресурсы открытого доступа
4	поисковая система по нефтегазовому комплексу	http://www.neftegas.ru	Ресурсы открытого доступа
5	ФГУП «Стандартинформ»	http://www.gostinfo.ru/pages/Intres/#.VSecfdysWgR	Ресурсы открытого доступа
6	Электронная нефтегазовая библиотека им. Губкина	http://elib.gubkin.ru	Ресурсы открытого доступа
7	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/	Ресурсы открытого доступа
8	Поисковая система SciVerse	http://www.scopus.com	Ресурсы открытого доступа
9	ОАО «АК «Транстнефть»:	http://www.transneft.ru/	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Аудитории, оборудованные мультимедийной техникой (ауд 319), учебно-наглядные и учебно-методические пособия

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук)

Лабораторные занятия

Для лабораторных занятий используются аудитории № 315, оснащенная следующим оборудованием:

специальное лицензионное программное обеспечение АРМ «Оператора НПС и Диспетчера РДП», АРМ «Оператора товарного» на 16 посадочных мест.

аудитория №304 корпус №8, оснащённой следующим оборудованием: специальное лицензионное программное обеспечение Действующий макет «Магистральный нефтепровод» на 16 посадочных мест

Аудитория 312 оснащена копиями макетов МТО, а также их 3D модели, позволяющими

изучать принципы работы МТО в процессе эксплуатации, а также последовательность сборки и разборки в процессе проведения ремонтных работ.

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ: читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус №8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки; ауд. 83а, 414, 416, 0209 12 корпус; ауд. 401 корпус №10).

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной

литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчётности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.02.04.03 «Технологическое управление и автоматизация процессов трубопроводного транспорта углеводородов»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.02.04.03 «Технологическое управление и автоматизация процессов трубопроводного транспорта углеводородов»

Код и направление подготовки (специальность)	21.03.01 Нефтегазовое дело
Направленность (профиль)	Цифровые технологии в нефтегазовой отрасли
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очно-Заочная
Год начала подготовки	2023
Институт / факультет	Институт нефтегазовых технологий (ИНГТ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений"
Кафедра-разработчик	кафедра "Трубопроводный транспорт"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	216 / 6
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-4 Способен осуществлять анализ, выбор и обеспечение технологического процесса и технологий транспорта углеводородов	ПК-4.3 Разрабатывает режимы работы магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов	Владеть Навыками оперативного управления и контроля за параметрами режима работы МН
			Знать Технологическое оборудование участков магистральных нефтепроводов и принципы расчета гидравлических систем
			Уметь Разрабатывать карты технологических режимов работы ТУ МН, планы-графики перекачки нефти, строить эпюры давлений на участке

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Технологическое управление объектами магистральных нефтепроводов (НПС, ПСП)				
ПК-4.3 Разрабатывает режимы работы магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов	**Знать** Технологическое оборудование участков магистральных нефтепроводов и принципы расчета гидравлических систем	отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		проверка конспектов лекций	Да	Нет
		зачет	Нет	Да

	Уметь Разрабатывать карты технологических режимов работы ТУ МН, планы-графики перекачки нефти, строить эпюры давлений на участке	отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		зачет	Нет	Да
	Владеть Навыками оперативного управления и контроля за параметрами режима работы МН	зачет	Нет	Да
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет
Автоматизация и контроль за состоянием оборудования объектов магистральных нефтепроводов				
ПК-4.3 Разрабатывает режимы работы магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов	**Знать** Технологическое оборудование участков магистральных нефтепроводов и принципы расчета гидравлических систем	зачет	Нет	Да
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		проверка конспектов лекций	Да	Нет
	Владеть Навыками оперативного управления и контроля за параметрами режима работы МН	отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		зачет	Нет	Да
	Уметь Разрабатывать карты технологических режимов работы ТУ МН, планы-графики перекачки нефти, строить эпюры давлений на участке	отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		зачет	Нет	Да
Технологическое управление и контроль режимов работы магистральных нефтепроводов				
ПК-4.3 Разрабатывает режимы работы магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов	**Уметь** Разрабатывать карты технологических режимов работы ТУ МН, планы-графики перекачки нефти, строить эпюры давлений на участке	выполнение разделов КП	Да	Нет
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		Экзамен	Нет	Да
	Знать Технологическое оборудование участков магистральных нефтепроводов и принципы расчета гидравлических систем	Экзамен	Нет	Да
		проверка конспектов лекций	Да	Нет
		выполнение разделов КП	Да	Нет
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет
	Владеть Навыками оперативного управления и контроля за параметрами режима работы МН	отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		Экзамен	Нет	Да
Автоматизация и контроль состояния магистральных нефтепроводов				

ПК-4.3 Разрабатывает режимы работы магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов	**Знать** Технологическое оборудование участков магистральных нефтепроводов и принципы расчета гидравлических систем	Экзамен	Нет	Да
		проверка конспектов лекций	Да	Нет
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет
	Уметь Разрабатывать карты технологических режимов работы ТУ МН, планы-графики перекачки нефти, строить эпюры давлений на участке	отчет по лабораторным работам	Да	Нет
		Экзамен	Нет	Да
	Владеть Навыками оперативного управления и контроля за параметрами режима работы МН	Экзамен	Нет	Да
		отчет по лабораторным работам	Да	Нет

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

1.1. Формы текущего контроля успеваемости

Текущая аттестация студентов проводится в дискретные временные интервалы преподавателем(ями), ведущими практические и лабораторные занятия по дисциплине в форме устного опроса.

1.2. Формы промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов в 4 семестре проводится в форме зачета.

Вопросы к зачету 4 семестр

1. Модели идеальной и вязкой жидкости.
2. Ламинарное течение жидкости в круглой трубе.
3. Ламинарное течение неньютоновской жидкости в круглой трубе.
4. Ламинарное течение жидкости в круглой трубе.
5. Турбулентное течение жидкости в круглой трубе.
6. Свойства жидкостей и газов, их выражение в разных системах единиц.
7. Гидростатическое давление, абсолютное давление. Приборы измерения давления и вакуума.
8. Уравнение расхода, уравнение непрерывности, основные понятия гидростатики.
9. Режимы движения жидкости.
10. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.
11 Уравнение Дарси-Вейсбаха.
12. Коэффициенты гидравлических потерь на трение.
13. Коэффициенты местных потерь.
14. Линия гидравлического уклона и ее совмещение с профилем трубопровода.
15. Центробежные насосы. Уравнение насоса.
16. Напор насоса, к.п.д., мощность.
17. Законы пропорциональности, кавитации, быстроходности.
18. Характеристики насоса, Q-H, характеристики трубопровода, совмещение характе-ристик насоса и трубопровода, рабочая зона.
19. Соединение насоса.
20. Расчет H и Q для трубопровода со ставками и лупингами.
21. Уравнение баланса напоров на заданном участке трубопровода.
22. Работа трубопровода с промежуточными ПС.
23. Работа трубопровода с отводами.
23. Построение линий гидравлического уклона и графиков в координатах PL.
21. Работа трубопровода и насоса при смене вида нефтепродукта, скачки насоса.
22. Регулирование режимов работы НПС
23. Состав сооружений, генеральный план НПС с резервуарным парком (РП).
24. Состав сооружений, генеральный план НПС без РП.
25. Требования к технологическим схемам нефтеперекачивающих станций,
26. Технологическая схема НПС с РП.
27. Технологическая схема НПС без РП.
28. Магистральные насосные агрегаты (МНА).
29. Система оборотного водоснабжения для охлаждения электродвигателй МНА.
30. Маслосистема.
31. Подпорные насосные агрегаты (ПНА).
32. Защита по давлению технологических трубопроводов и оборудования.

33. Система сглаживания волн давления (ССВД).
34. Система регулирования давления
35. Система дренажа, сбора утечек и их откачки.
36. Системы пожаротушения.
37. Система защит и блокировок НПС.
38. Система автоматического регулирования давления САРД.
39. Порядок подготовки НПС к пуску.

Промежуточная аттестация студентов в 5 семестре проводится в форме экзамена.

Вопросы к экзамену 6 семестр

1. Определение термина технологического режима работы магистральных нефтепроводов (МН). Виды режимов (стационарные и нестационарные).
2. Определение термина и схема технологического участка магистрального нефтепровода.
3. Состав оборудования и технологическая схема нефтеперекачивающей станции (НПС) без резервуарного парка, возможные схемы перекачки.
4. Состав оборудования и технологическая схема нефтеперекачивающей станции (НПС) с резервуарным парком, возможные схемы перекачки.
5. Типы и основные характеристики центробежных насосов НПС, Q-H характеристика НПС.
6. Требуемый напор для заданного расхода Q на НПС на выходе магистральной насосной (за регулятором давления).
7. Суммарные потери напора на расчетном участке магистрального нефтепровода. Основные формулы. Графическое представление.
8. Графический метод определения расчетной длинны нефтепровода.
9. Уравнение баланса напоров для МН с промежуточными НПС. Условие работоспособности режима работы МН.
10. Расчет эпюр давлений для раскладки труб с учетом возможных режимов перекачки.
11. Причины неравномерности работы магистральных нефтепроводов. Методы регулирования режима работы МН.
12. Циклическая работа магистральных нефтепроводов, рациональные режимы перекачки.
13. Определение удельных затрат электроэнергии при перекачке нефти по МН.
14. Применение дросселирования на технологических режимах работы МН.
15. Способы регулирования технологического режима работы МН с изменением частоты вращения рабочего колеса насосного агрегата.
16. Цели и способы снижения цикличности работы магистральных нефтепроводов.
17. Порядок планирования работы технологического участка МН. План-график перекачки.
18. Порядок расчета и опробования режимов работы технологического участка МН. Карты технологических режимов. Реестр технологических режимов. Акты опробования технологических режимов.
19. Порядок расчета и опробования режимов работы технологического участка МН. Карты технологических режимов. Реестр технологических режимов. Акты опробования технологических режимов.
20. Цели и задачи технологического управления работой магистральных нефтепроводов. Структура управления магистральными нефтепроводами ПАО «Транснефть».
21. Полномочия и ответственность диспетчерских служб ПАО «Транснефть».
22. Перечень основных документов диспетчерской службы, необходимых для осуществления технологического процесс транспортировки нефти.
23. Назначение и состав инструкции о порядке вывода технологических участков нефтепровода АО МН на режим и их остановке.
24. Порядок подготовки технологического участка магистрального нефтепровода к пуску.
25. Порядок пуска технологического участка магистрального нефтепровода в работу.
26. Порядок перевода технологического участка магистрального нефтепровода с одного режима работы на другой
27. Порядок остановки технологического участка магистрального нефтепровода.

28. Математическая модель гидродинамики магистрального нефтепровода.
29. Методика расчета нестационарных технологических режимов работы магистральных трубопроводов. Основные задачи. Постоянная времени трубопровода.

Примерная структура билета (экзамен)

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Трубопроводный транспорт»

БИЛЕТ № 1

по дисциплине **Технологические процессы трубопроводного транспорта углеводородов**
(наименование дисциплины)

Направление подготовки **21.04.01** (шифр) Факультет **ИНГТ** (наименование факультета) Семестр **6** (номер)

1. Определение термина технологического режима работы магистральных нефтепроводов (МН). Виды режимов (стационарные и нестационарные).
2. Технологический расчет сложных газопроводов.
3. Решение задачи по вариантам.

Составитель: _____ доцент А.А. Афиногентов «____» _____ 20__ года

Заведующий кафедрой _____ Е.В. Стефанюк «____» _____ 20__ года

Примеры задач, выносимых на экзамен

Задача 1. Определить начальное давление $P_{нач}$ и начальную производительность $Q_{нач}$ для трубопровода диаметром D = 530х8 мм, шероховатостью стенки Δ = 0,2 мм, длиной L = 125 км, если по трубопроводу перекачивается дизельное топливо плотностью ρ = 846 кг/м^3, с коэффициентом кинематической вязкости 6,5 сСт. К трубопроводу на 90 км подключен отвод для сброса продукта на промежуточную нефтебазу, производительность отвода 160 м^3/ч, диаметр 210х5 мм, шероховатость стенки Δ = 0,2 мм, длина 10 км.
Геодезические отметки магистрального трубопровода (МТП) Z_1 = 25 м, Z_2 = 100 м, геодезическая отметка на 90 км трассы Z_{90} = 75 м. Отвод горизонтальный. Производительность по поступлению на конечный пункт $Q_{кон}$ = 700 м^3/ч, напор $h_{кон}$ = 40 м.

Задача 2. Природный газ транспортируется по магистральному газопроводу (МГП) длиной L = 120 км, диаметром D = 1020х14 мм. Шероховатость стенки газопровода Δ = 0,03 мм, начальное давление $P_{нач}$ = 6,5 МПа, относительная плотность по воздуху $\Delta_в$ = 0,62, критическое давление $P_{кр}$ = 4,75 МПа, критическая температура 194 °К, пропускная способность трубопровода $q_{сут}$ = 35 млн. м^3/сут, средняя температура газа в МГП 28 °С, режим движения - квадратичный. Молекулярная масса газа равна 19. Определить давление в конце участка $P_{кон}$, среднее давление принять равным 5,6 МПа и затем проверить после выполнения расчета, сделать выводы.

Задача 3. По трубопроводу диаметром D = 530х8 мм, длиной L = 120 км, шероховатостью стенки Δ = 0,2 мм, геодезическими отметками $Z_н$ = 80 м, $Z_к$ = 120 м перекачивают дизельное топливо плотностью ρ = 830 кг/м^3. Коэффициент кинематической вязкости ν = 9 сСт, начальное давление $P_{нач}$ = 4,8 МПа, конечное давление $P_{кон}$ = 3 атм, найти расход перекачки Q, коэффициент гидравлических потерь λ ориентировочно лежит в пределах 0,018-0,022.

Задача 4. По трубопроводу диаметром D = 530х8 мм, длиной L = 120 км, перекачивают автобензин плотностью ρ = 720 кг/м^3. Коэффициент кинематической вязкости ν = 0,6 сСт, производительность трубопровода Q = 850 м^3/ч, конечный напор $h_{кон}$ = 40 м, геодезические отметки $Z_н$ = 30 м, $Z_к$ = 100 м. Построить линию гидравлического уклона с учетом масштабного треугольника, определить начальный напор станции $h_{нач}$, шероховатость стенки трубопровода Δ = 0,2 мм.

Задача 5. Определить число станций для участка магистрального трубопровода (МТП) длиной L = 540 км, диаметром D = 530х8 мм, предназначенного для перекачки дизельного топлива. Производительность трубопровода Q = 800 м^3/ч, геодезические отметки Z_1 = 150 м, $Z_к$ = 80 м. Напор основного агрегата 265 м, $h_{под}$ = 30 м, $h_к$ = 40 м. Перекачка осуществляется в зоне гладких труб. Промежуточные парки отсутствуют. Станции работают в режиме одного агрегата, коэффициент кинематической вязкости дизельного топлива $\nu_{д/т}$ = 6 сСт.

Задача 6. По трубопроводу перекачивается дизельное топливо, производительность трубопровода Q = 950 м^3/ч, плотность дизельного топлива ρ = 835 кг/м^3, коэффициент кинематической вязкости ν = 6 сСт, длина трубопровода L = 130 км, диаметр D = 530х8 мм. Как изменятся потери напора, если трубопровод будет оснащен лупингом длиной 50 км, диаметром 530х8 мм. Шероховатость стенки Δ = 0,2 мм.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Трубопроводный транспорт»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ»

Составил: доцент
А.А. Афиногентов

Самара

202_

Цели и задачи

Получить навыки расчета режимов работы технологического участка магистрального нефтепровода (ТУ МН) при возможности изменения количества и номеров включенных магистральных (подпорных) насосных агрегатов (МНА, ПНА), с помощью программного комплекса Excel. Получить навыки составления карты технологических режимов работы МН, планов-графиков работы МН, а также построения эпюр давлений.

Задачи:

Для выбранного ТУ МН, с учетом заданных значений высотных отметок расположения нефтеперекачивающих станций (НПС) и установленного на них насосного оборудования, для заданного месяца года и параметров транспортируемой нефти осуществить:

1. Расчет набора режимов работу ТУ МН;
2. Выбор рациональных режимов работы ТУ МН (формирование карты технологических режимов на месяц);
3. Формирование плана-графика перекачки на месяц (исходные данные для формирования плана-графика выдаются по результатам расчета режимов работы ТУ на месяц).
4. Расчет режима с применением противотурбулентной присадки ПТП, для увеличения производительности магистрального нефтепровода.

1. Расчет набора режимов работу ТУ МН.

Участок магистрального нефтепровода от одной НПС с резервуарным парком до следующей по потоку станции с РП или до конечного пункта, работающий в едином гидравлическом режиме называют *технологическим участком магистрального нефтепровода* (ТУ МН).

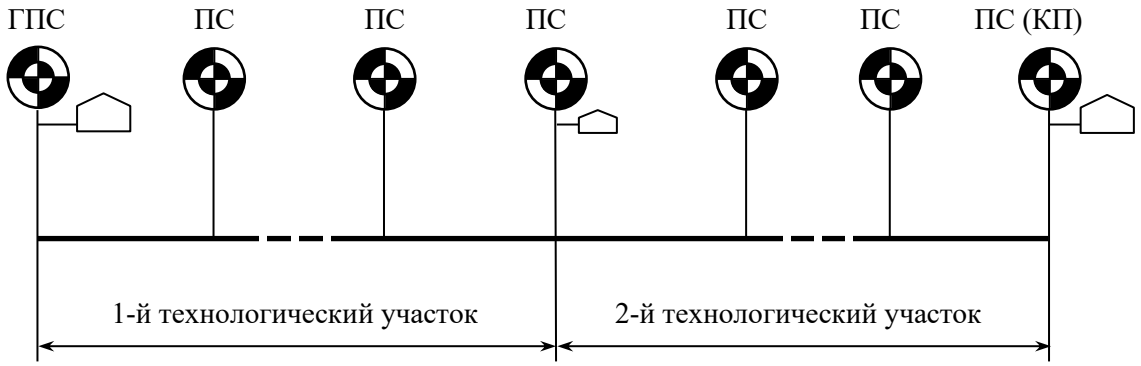


Рис.1. Схема технологических участков магистрального нефтепровода

Технологический режим работы МН – работа магистрального нефтепровода, которая характеризуется величиной пропускной способности нефтепровода Q [м^3/ч], значениями давления на входе, в коллекторе и выходе работающих НПС, количеством и номерами включенных в работу насосных агрегатов.

Расчет технологического режима работы нефтепровода проводится путем решения системы уравнений балансов напора (1) для участков между соседними НПС (перегонов) в пределах одного технологического участка, с учетом геодезических отметок мест расположения НПС, построением на основе графиков совмещенной характеристики насосной станции и участка трубопровода, в координатах «подача-напор», а также построением линии (эпюры) распределения напоров (давлений) на технологическом участке (рис. 2).

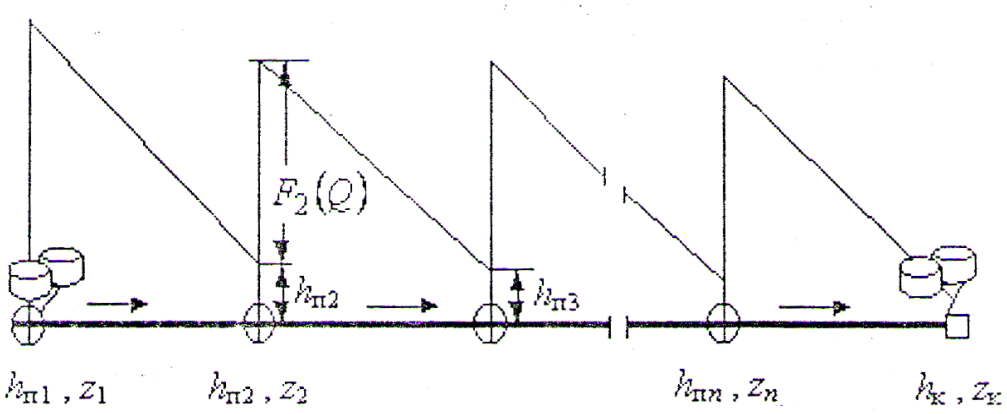


Рис.2. Распределение напоров на технологическом участке МН

$$[h_{п1} + z_1 + F_1(Q)] - [h_{п2} + z_2] = h_{1\text{-}2}(Q),$$
$$[h_{п2} + z_2 + F_2(Q)] - [h_{п3} + z_3] = h_{2\text{-}3}(Q),$$
$$\text{----------} \qquad (1)$$
$$[h_{пn} + z_n + F_n(Q)] - [h_к + z_к] = h_{n\text{-}к}(Q).$$

Здесь $F(Q)$ – характеристики *n-ой* перекачивающей станции; $h_{п1}$ – напор подпорных насосов головной НПС, $h_{п2}$, …, $h_{пn}$ – подпоры перед промежуточными НПС, $h_к$ – остаточный напор в конце ТУ МН, $h_{1\text{-}2}$, $h_{2\text{-}3}$, …, $h_{n\text{-}к}$ – потери напора на соответствующих участках (перегонах), z_n – высотные отметки НПС.

$$F_n(Q) = \sum_{j=1}^{J_n} f_{j,n}(Q) - h_{наг} - h_{вс} \text{ , [м]} \qquad (2)$$

$f_{j,n}(Q)$ – характеристика *j-ого* работающего магистрального насоса МНА *n-ой* НПС, $h_{наг}$ – потери в линии нагнетания каждой НПС, $h_{вс}$ – потери в линии всасывания каждой НПС.

Согласно РД-75.180.00-КТН-198-09 «Унифицированные технологические расчеты объектов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов» потери напоров в коммуникациях НПС следует определять исходя из условий:

$h_{вс} = 20\ м$ – потери напора, в коммуникациях следующей НПС от точки подключения станции к линейной части магистрального трубопровода до точки подключения первого магистрального насоса, м;

$h_{наг} = 5\ м$ – потери напора от регуляторов давления до точки подключения НПС к линейной части магистрального трубопровода;

$h_{рп} = 35\ м$ – потери напора в трубопроводах НПС с ёмкостью от магистрального трубопровода до наиболее удалённого резервуара, м;

$h_{нас} = 25\ м$ – потери напора на участке от нагнетательного патрубка первого магистрального насоса до выхода из помещения регуляторов давления, м;

$\Delta z_р = 20\ м$ – разность высотных отметок максимального взлива резервуара и магистрального трубопровода данной НПС с ёмкостью, м;

$h_{подп\ мин} = 60\ м$ – напор перед магистральным насосом, который обеспечивает бескавитационную работу МНА.

Для решения системы уравнений (1) и определения производительности перекачки Q в среде Excel для ряда подач (от 0 до 12000 м^3/ч с шагом в 25 м^3/ч) осуществляется расчет суммы полезных напоров для заданного расхода по всем НПС по формуле:

$$H_{НПС}^{\Sigma}(Q) = \sum_{n=1}^{N} F_n(Q), \quad (3)$$

Характеристики магистральных насосов $f_{j,n}(Q)$ в зависимости от типоразмера рабочего колеса D в аналитическом виде могут быть представлены формулой:

$$f_{j,n}(Q) = H_{0\,j,n} + a_{j,n} \cdot Q - b_{j,n} \cdot Q^2, \quad (4)$$

Таблица 1 – Коэффициенты пересчета характеристики МНА в зависимости от типоразмера рабочего колеса D для насосов НМ 10000-210

Типоразмер насоса, D [мм]	Коэф.в формуле (4)		
	H_o	a, *ч/м²*	$b \cdot 10^6$, *ч²/м⁵*
475	267,8		0,00000203
495	297,4		0,00000089
496	304		0,00000208
520	346,8		0,00000099

Результат расчета суммы полезных напоров для заданного расхода по всем НПС можно представить в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Суммы полезных напоров для заданного расхода Q по всем НПС

Q, *м³/ч*	0	25	50	75	…	10000
$H_{НПС}^{\Sigma}(Q)$, *м*	1702,2	1702,1938	1702,17513	1702,144	⋯	586,6519

Затем необходимо, для аналогичного ряда производительностей Q провести расчет потерь напора по длине всего ТУ МН ($H_{ТУМН}^{\Sigma}(Q)$), и определить разницу между полезным напором НПС и потерями на ТУ МН для каждого значения Q:

$$\Delta H(Q) = \left| H_{НПС}^{\Sigma}(Q) - H_{ТУМН}^{\Sigma}(Q) \right|, \quad (5)$$

По минимальному значению $\Delta H(Q)$ можно выбрать искомое значение Q производительности перекачки на рассчитываемом режиме.

Определение потерь напора $H_{ТУМН}^{\Sigma}(Q)$ по длине L_p, [км] ТУ МН, проводится по формулам гидравлики и предполагает определение величины гидравлического уклона:

$$i = \lambda \cdot \frac{W^2}{2 \cdot g \cdot d}, [м / м] \text{ или } i = 1000 \cdot \lambda \cdot \frac{W^2}{2 \cdot g \cdot d}, [м / км], \quad (6)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, d – внутренний диаметр трубопровода, [м], W – скорость движения жидкости в трубопроводе, [м/с], g – ускорение свободного падения, [м/с^2].

Скорость течения нефти, м/с при принятой производительности вычисляется по формуле:

$$W = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot (d - 2 \cdot \delta)^2}{4} \cdot 3600}, \quad (7)$$

Коэффициент гидравлического сопротивления зависит от режима движения жидкости по трубопроводу, который определяется в зависимости от значения числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{W \cdot d}{\nu}, \quad (8)$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости, [м^2/с].

При значениях *Re* до 2300 режим движения жидкости является ламинарным (струйным) и коэффициент гидравлического сопротивления определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (9)$$

При значениях *Re* от 2300 до 2800, характеризующих переходный режим от ламинарного к турбулентному, коэффициент гидравлического сопротивления определяется по формуле:

$$\lambda = (0,16 \cdot Re - 13) \cdot 10^{-4}, \quad (10)$$

При значениях *Re* более 2800 режим движения жидкости является турбулентным. Формулы для определения коэффициента гидравлического сопротивления при этом режиме для разных чисел Рейнольдса и предельные максимальные значения Re, ограничивающие область применения этих формул для труб различных диаметров, приводятся в таблице 3.

Таблица 3 - Формулы определения коэффициентов гидравлического сопротивления для сварных труб

Условный диаметр, мм	По формуле $\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$ при значениях Re до:	При значениях *Re* выше:	По формулам:
700	100000	100000	$\lambda = 0,0124 + \frac{1,7}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$
800	110000	110000	$\lambda = 0,0123 + \frac{1,7}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$
900	115000	115000	$\lambda = 0,0122 + \frac{1,7}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$
1000	120000	120000	$\lambda = 0,0121 + \frac{1,7}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$
1200	125000	125000	$\lambda = 0,0120 + \frac{1,7}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$
1400	130000	130000	$\lambda = 0,0119 + \frac{1,7}{\sqrt{\mathrm{Re}}}$

Результат расчета потерь напора на ТУ МН $H^{\Sigma}_{ТУМН}(Q)$ для заданного расхода Q, можно представить в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Потери напора для заданного расхода Q на ТУ МН

Q, $м^3/ч$	0	25	50	75	…	10000
$H^{\Sigma}_{ТУМН}(Q)$, $м$	389	389,051259	389,1724138	389,35054	…	2389,4802

Для рассчитанной по данному алгоритму величины Q, строится совместный график (характеристика) работы нефтепровода и всех НПС. Пересечение двух характеристик показывают рабочей точкой системы.

Пример совмещенной *Q-H* характеристики приведен на рисунке 3.

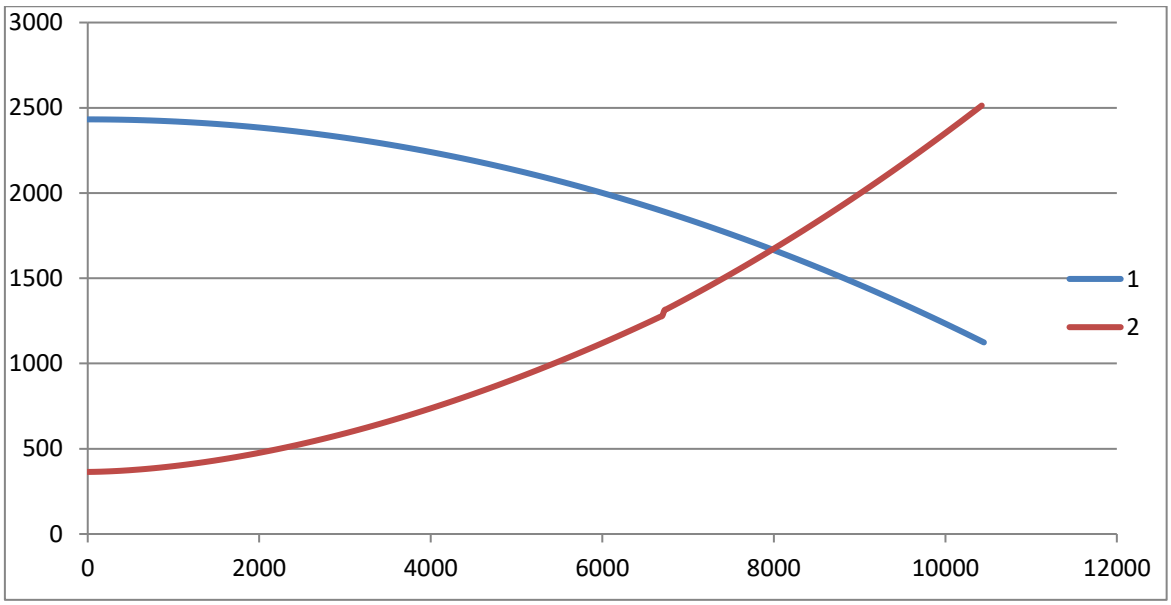


Рис.3. Совмещенная *Q-H* характеристика НПС-трубопровод для ТУ МН.

1- Суммарная характеристика НПС, 2 - Характеристика трубопровода

П1. Пример расчета технологического режима ТУ «Самара-Красноармейск»

МН «Самара-Лисичанск»

Параметры трубопровода:

$d = 1220$ *мм*
$\delta = 10$ *мм*
$\nu = 25$ *мм*^{2}*/с*
$h_k = 40$ *м*
$\rho = 865$ *кг/м*^{3}

**Напор подпорного насосного агрегата (ПНА) примем постоянным и равным 130 м.*

Основные технические характеристики МН «Самара – Лисичанск» приведены в таблице 1.1 и таблице 1.2.

Таблица П1.1. Высотные отметки и длины участков между НПС

НПС	Расстояние, км	Высотная отметка, м
Самара-2	0	160
Любецкая	66	81
Совхозная-3	140	81
Грачи-3	228	85
Бородаевка-2	331	31
Терновка	402	49
Красноармейск	454	237

Таблица П1.2. Насосное оборудование

НСП	№ агрегата	Тип насосного агрегата	Диаметр рабочего колеса, мм
Самара-2	1	НМ 10000-210	480
	2	НМ 10000-210	520
	3	НМ 10000-210	530
	4	НМ 10000-210	490
Любецкая	1	НМ 10000-210	480
	2	НМ 10000-210	480
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	480
Совхозная-3	1	НМ 10000-210	520
	2	НМ 10000-210	530
	3	НМ 10000-210	480
	4	НМ 10000-210	480
Грачи-3	1	НМ 10000-210	490
	2	НМ 10000-210	520
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	490
Бородаевка-2	1	НМ 10000-210	490
	2	НМ 10000-210	490
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	520
Терновка-2	1	НМ 10000-210	490
	2	НМ 10000-210	520
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	490

Рассчитаем потери напора на ТУ МН, в зависимости от производительности перекачки Q. Результаты приведем в виде таблицы П.1.3.

Таблица П1.3 – Потери напора для заданного расхода Q на ТУ МН

Q, м3/ч	**25**	**50**	**75**	**100**	**125**	**…**	**9950**	**9975**	**10000**
Ɐ, м/с	0,006	0,012	0,018	0,025	0,031	...	2,444	2,450	2,456
Re	307	614	921	1228	1535	...	122191	122498	122805
λ	0,076	0,064	0,057	0,053	0,051	...	0,017	0,017	0,017
i, м/м	$1{,}2\cdot10^{-7}$	$4{,}1\cdot10^{-7}$	$8{,}2\cdot10^{-7}$	$13{,}7\cdot10^{-7}$	$20{,}2\cdot10^{-7}$	…	0,00429	0,00431	0,00433
$H^{\Sigma}_{ТУМН}(Q)$	152	152	152	153	153	...	2101	2109	2118

Рассмотрим следующий режим работы ТУ МН (количество и номера МНА на НПС), представленный на рисунке П1.1

Самара-2	1	☐ НМ 10000-210 D=480
	2	☐ НМ 10000-210 D=520
	3	☐ НМ 10000-210 D=530
	4	☑ НМ 10000-210 D=490
Любецкая	1	☐ НМ 10000-210 D=480
	2	☐ НМ 10000-210 D=480
	3	☐ НМ 10000-210 D=520
	4	☐ НМ 10000-210 D=480
Совхозная-3	1	☑ НМ 10000-210 D=520
	2	☐ НМ 10000-210 D=530
	3	☐ НМ 10000-210 D=480
	4	☐ НМ 10000-210 D=480
Грачи-3	1	☑ НМ 10000-210 D=490
	2	☐ НМ 10000-210 D=520
	3	☐ НМ 10000-210 D=520
	4	☐ НМ 10000-210 D=490
Бородаевка-2	1	☐ НМ 10000-210 D=490
	2	☐ НМ 10000-210 D=490
	3	☑ НМ 10000-210 D=520
	4	☐ НМ 10000-210 D=520
Терновка-2	1	☐ НМ 10000-210 D=490
	2	☐ НМ 10000-210 D=520
	3	☐ НМ 10000-210 D=520
	4	☐ НМ 10000-210 D=490

Рис. П1.1 – Количество и номера работающих на режиме МНА

Рассчитаем суммарный напор всех работающих на режиме НПС в зависимости от производительности перекачки Q, результаты представим в виде таблицы П1.4.

Таблица П1.4. Суммарный напор всех работающих на режиме НПС

Q, м3/ч	**25**	**50**	**75**	**100**	**125**	**…**	**9950**	**9975**	**10000**
$H^{\Sigma}_{НПС}(Q)$	1354,40	1354,40	1354,39	1354,38	1354,36	…	985,54	983,69	981,83

Построим совместный график работы нефтепровода и всех НПС в координатах Q-H. Пересечение двух характеристик показывает рабочую точку системы (определяем искомую производительность перекачки).

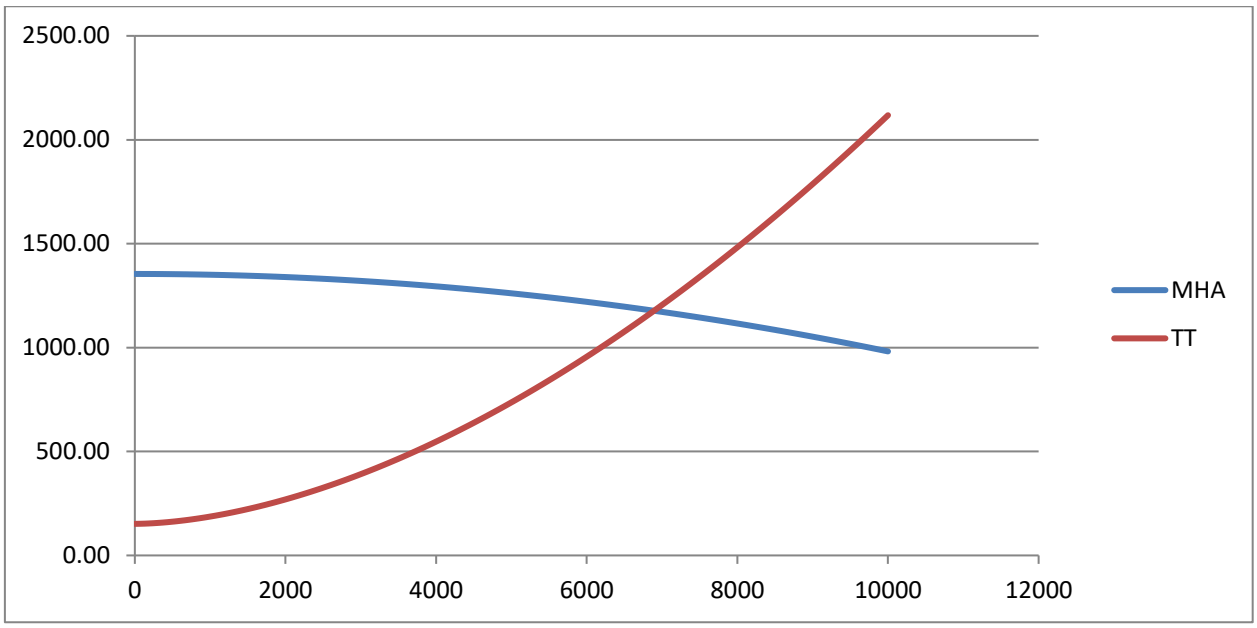


Рис.П1.2. Совмещенная *Q-H* характеристика НПС-трубопровод для ТУ МН.

С учетом полученного значения Q = 6900 м^3/час, построим график распределения напоров по длине ТУ МН (рис. П1.3.) и составим описание технологического режима в табличном виде, согласно требованиям представления режимов в карте технологических режимов работы ТУ МН (рис. П1.4.).

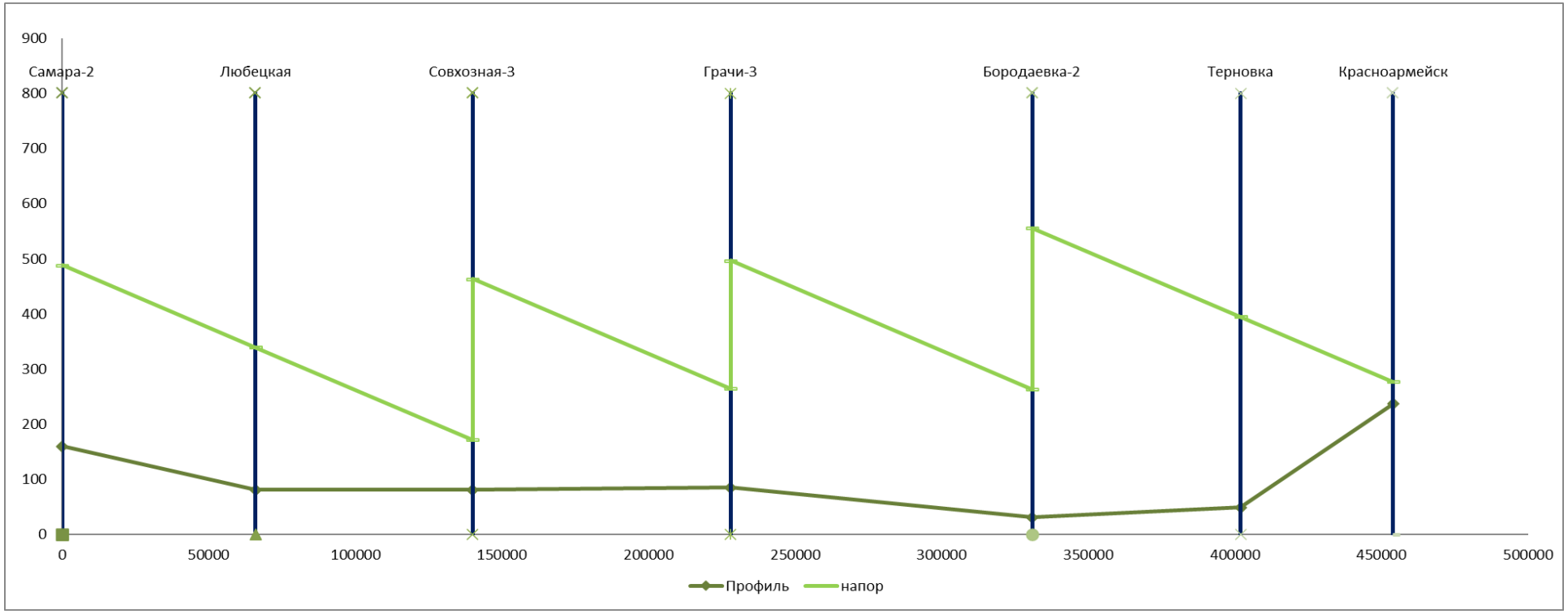


Рис.П1.3. Распределение напоров по длине ТУ МН.

№ режима	Пропускная способность (на технологическом участке)	Наименование места подкачки/отбора	Наименование показателя	НПС Самара,	НПС Самара,	НПС Любецкая,	НПС Совхозная,	НПС Грачи,	НПС Бородаевка,	НПС Терновка,	Параметры режима	Примечание
	млн.т./год	млн.т./год		марка Wortington 26QLSM/2	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	удельное потребление электроэнергии кВтч/тн	
	тыс.т/сут	тыс.т/сут.									удельный расход электроэнергии, кВтч/тыс.км	
	т/2ч	т/2ч									скорость потока, м/с	
для нефти v = 25 мм2/с, ρ = 865 кг/м3												
2	**49.86**	-	Тип,кол-во, номер НА	**ПНА №2,4**	490		520	490	520		**1.99**	
			Схема работы НА	параллель.	последов.	последов.	последов.	последов.	последов.	последов.		
			$P_{вх.}$ кг/см^2	0.5	8.3	22.3	7.8	15.5	20.1	29.9		
	142.47	-	$P_{колл.}$ кг/см^2	8.3	28.4	22.3	33.1	35.6	45.4	37.0	**104136.6**	
			$P_{вых.}$ кг/см^2	8.3	28.4	22.3	33.1	35.6	45.4	37.0		
			Уставка САР**** Рвх.раб кг/см2	**-**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**		
			Уставка САР***** Рвых.раб кг/см2	**-**	**43.9**	**43.9**	**46**	**47**	**51**	**51.2**	**1.69**	
			Уставка защиты****** $P_{защ.}$ кг/см2	**-**	**47.8**	**47.8**	**50**	**51**	**55**	**55.2**		
	11872.125	-	Мощность, кВт	**3900**	**7283**	**7120**	**7282**	**7221**	**7220**	**7252**		

Рис.П1.4. Табличная форма представления ТУ МН в карте технологических режимов.

2. Выбор рациональных режимов работы ТУ МН.

Для расчета эффективности перекачки нефти и нефтепродуктов используются удельные затраты электроэнергии.

Такой параметр может быть легко измерен, обладает необходимой информативностью и учитывает характеристики как насоса, так и трубопровода.

Выбор рациональных режимов перекачки в первую очередь связан с удельными затратами электроэнергии. Таким образом, к рациональным режимам относятся те режимы, для которых удельные затраты электроэнергии на перекачку 1 тонны нефти будут наименьшими.

Для произвольного *i-того* режима работы нефтепровода величина удельных энергозатрат рассчитывается по формуле:

$$E_{УД\,i}(Q_i) = \frac{1}{\rho \cdot Q_i}\left(N_{ПНА\,i} + \sum_{n=1}^{N}\sum_{j=1}^{J_{n,j}} N_{МНА\,i,j,n}(Q_i) \right), \text{[КВт·час/тонну]} \qquad (11)$$

где $N_{\text{ПНА}\,i}$ - мощность, потребляемая всеми электродвигателями подпорных насосов головной НПС при работе на *i*-том режиме, $N_{\text{МНА}\,i,j,n}$ - мощность, потребляемая каждым электродвигателем, работающих на *i*-том режиме магистральных насосов *n-ой* НПС.

Величина мощности, потребляемой электродвигателем насоса при работе на *i-том* режиме, определяется по выражению:

$$N_{МНА\,i}(Q_i) = \frac{\rho \cdot g \cdot H_i \cdot Q_i}{\eta_{Н\,i} \cdot \eta_{ЭДВi} \cdot \eta_{МЕХ\,i}}, \text{[КВт]} \qquad (12)$$

где $\eta_{ЭДВi}$ – КПД электродвигателя при рассматриваемом режиме (для СТД8000 $\eta_{ЭДВi}$=0,978), $\eta_{МЕХ\,i}$ - КПД механической подачи, для механической муфты можно принять $\eta_{МЕХ\,i}$ = 0,99.

H_i, Q_i, $\eta_{Н\,i}$ - соответственно напор, подача и КПД рассматриваемого насоса при работе на *i-том* режиме;

$$\eta_{Н\,i} = \mathrm{C}_0 + \mathrm{C}_1 Q_i + \mathrm{C}_2 {Q_i}^2, \qquad (13)$$

**для ПНА полный КПД принимаем = ηн·ηэл·ηмех =0,85.*

Таблица 5 – Расчетные коэффициенты для определения КПД МНА НМ 10000-210

Типразмер насоса	Коэффициенты для определения КПД (13)		
	$10^2 \times C_o$	$10^4 \times C_1$	$10^8 \times C_2$
475	1	3.08	-2.86
495	5.66	1.84	-1.02
496	26.1	1.6	-1.07
520	18	1.4	-0.65

П2. Пример расчета энергопотребления технологического режима ТУ «Самара-Красноармейск» МН «Самара-Лисичанск»

Для режима, выбранного в предыдущем пункте:

$$N_{\text{ПНА}} = \frac{865\ \text{кг/м}^3 \cdot 9{,}81\ \text{м/с}^2 \cdot 130\ \text{м} \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч}}{0{,}85 \cdot 3600} = 2487460\ \text{Вт}$$

$$\eta_{\text{МНА 490}} = 0{,}0566 + 0{,}000184 \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч} - 0{,}0000000102 \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч}^2 = 0{,}841$$

$$\eta_{\text{МНА 520}} = 0{,}18 + 0{,}00014 \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч} - 0{,}0000000065 \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч}^2 = 0{,}856$$

$$N_{\text{МНА 490}} = \frac{865\ \text{кг/м}^3 \cdot 9{,}81\ \text{м/с}^2 \cdot 231{,}9\ \text{м} \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч}}{0{,}841 \cdot 0{,}978 \cdot 0{,}99 \cdot 3600} = 4634067\ \text{Вт}$$

$$N_{\text{МНА 520}} = \frac{865\ \text{кг/м}^3 \cdot 9{,}81\ \text{м/с}^2 \cdot 291{,}6\ \text{м} \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч}}{0{,}856 \cdot 0{,}978 \cdot 0{,}99 \cdot 3600} = 5725528\ \text{Вт}$$

$$\sum_{n=1}^{N} \sum_{j=1}^{J_{n,i}} N_{\text{МНА } i,j,n} = 2487460\ \text{Вт} + 2 \cdot 4634067\ \text{Вт} + 2 \cdot 5725528\ \text{Вт} = 23206650\ \text{Вт}$$

$$E_{\text{уд } i} = \frac{1}{865\ \text{кг/м}^3 \cdot 6900\ \text{м}^3\text{/ч}} 23206650\ \text{Вт} = 3{,}88\ \text{Втч/кг}$$

Найденные для всех возможных режимов работы нефтепровода величины $E_{УД\,i}(Q_i)$ наносятся на график в зависимости от Q, и через минимальные значения $E_{УД\,i}(Q_i)$ при Q = const строится огибающая линия. Тем самым выявляется множество рациональных режимов эксплуатации нефтепровода (рис. 4).

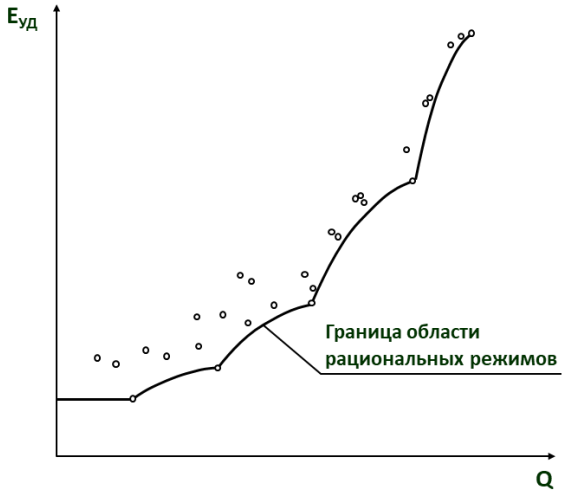


Рис.4. Схема определения рациональных режимов работы ТУ МН.

Режимы, для которых значения давлений на входе НПС оказываются ниже минимальных, либо на выходе НПС выше максимальных значений (значений уставок в регуляторе давления, см. рис. П1.4) не реализуемы без дросселирования давления на регуляторе и, следовательно, не подлежат включению в карту технологических режимов (не являются рациональными).

В то же время количество теоретически возможных комбинаций включения насосных агрегатов на НПС (количество возможных режимов работы ТУ МН) возрастает с количеством НПС на участке и для ТУ МН с N НПС определяется по формуле:

$$R_N = 14 \cdot 15^{N-1}\ , \qquad (14)$$

Так для ТУ МН с шестью НПС количество теоретически возможных комбинаций включения МНА (от 0 до 3 на промежуточных НПС, и от 1 до 3 на головной НПС) составит $R_6 = 14 \cdot 15^{6-1} = 10631250$, см. рис 6.

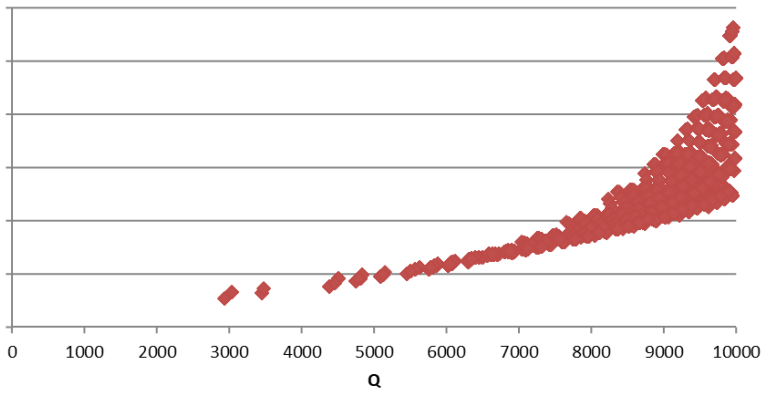


Рис. 6 Количество потенциально возможных режимов работы ТУ МН.

Очевидно, что решение задачи выбора рациональных режимов работы ТУ МН является затратной и требует специального алгоритмического обеспечения. В рамках данного

курсового проекта рекомендуется использовать упрощенный подход. На первом этапе необходимо провести расчет не менее 10 различных режимов работы ТУ МН, заранее подбирая МНА таким образом, чтобы производительность перекачки Q располагалась в середине рабочей зоны на характеристике включаемых МНА.

Затем следует выбрать как минимум 5 режимов с шагом − интервалом подач в 1/5 от диапазона подач *Q* с наименьшим значением удельных затрат на рассматриваемом интервале, см. рис 7.

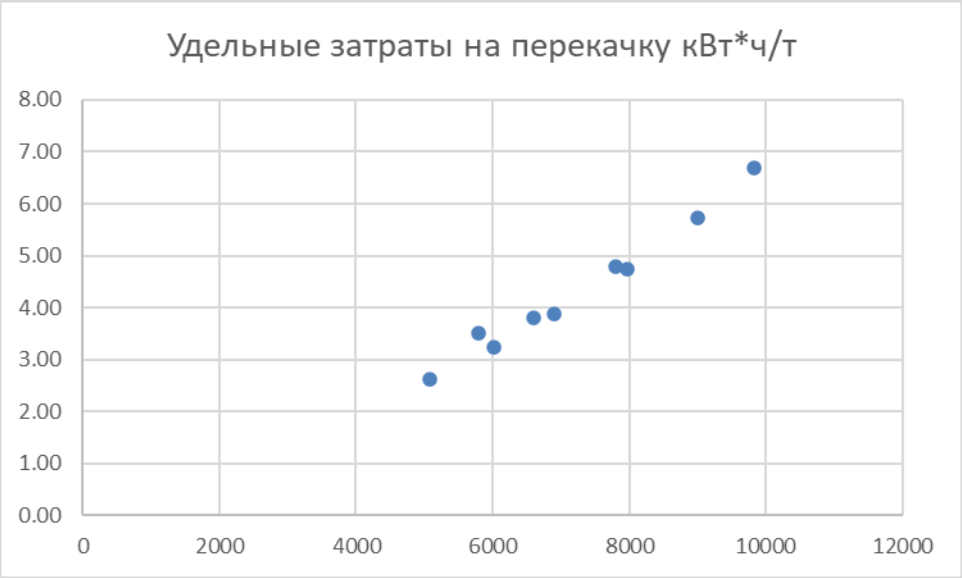


Рис. 7. Выбор рациональных режимов работы ТУ МН.

Затем полученные режимы необходимо внести в карту технологических режимов работы ТУ МН на месяц (см. приложение 3). Основные параметры выбранных в данном примере режимов приведены в таблице П2.1.

Таблица П2.1 Параметры режимов перекачки по ТУ МН на месяц.

	Режим	Q $м^3$/ч	Еуд Вт·ч/кг	N общ Вт	Q тыс.тон/сутки
1	2-0-2-0-0-0	5087,5	2.624	11549720,1	105,6
2	1-0-1-0-3-0	6025	3.230	16835477,6	125,1
3	4-0-1-1-3-0	6900	3.888	23206649,6	143,2
4	3-0-2-2-3-1	7962,5	4.745	32682928,6	165,3
5	3-3-2-(1,2)-(1,2)-0	9012,5	5.737	44720652,3	187,1
6	3-3-2-(1,4)-1-(2,3,4)	9837,5	6.680	56844523,2	204,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты курсового проекта. Параметры транспортируемого продукта по месяцам

Таблица 1.1 Вязкости и плотности транспортируемой нефти по месяцам года

№ вар.	Варианты значений кинематической вязкости ν [мм2/с], плотности ρ[кг/м3] и месяц года
1	январь ν = 25 мм2/с, ρ = 870 кг/м3
2	февраль ν = 24,75 мм2/с, ρ = 869 кг/м3
3	март ν = 24,5 мм2/с, ρ = 868 кг/м3
4	апрель ν = 24,25 мм2/с, ρ = 867 кг/м3
5	май ν = 24 мм2/с, ρ = 865 кг/м3
6	июнь ν = 23,75 мм2/с, ρ = 864 кг/м3
7	июль ν = 23,5 мм2/с, ρ = 863 кг/м3
8	август ν = 23,35 мм2/с, ρ = 862 кг/м3
9	сентябрь ν = 23,3 мм2/с, ρ = 861 кг/м3
10	октябрь ν = 23,6 мм2/с, ρ = 862 кг/м3
11	ноябрь ν = 23,9 мм2/с, ρ = 864 кг/м3
12	декабрь ν = 24,6 мм2/с, ρ = 868 кг/м3

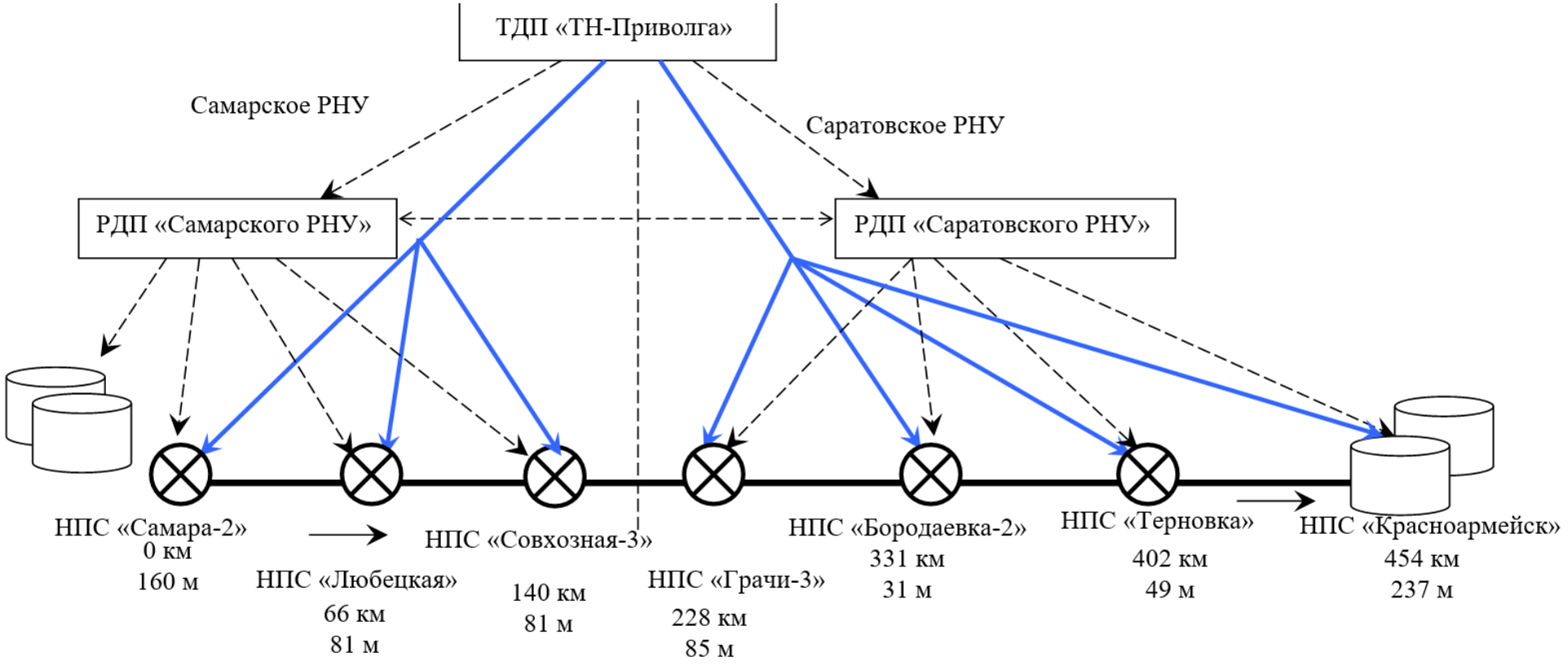
Приложение 2.

Карта технологических режимов работы ТУ МН на месяц

№ режима	Пропускная способность (на технологическом участке)	Наименование места подкачки/отбора	Наименование показателя	НПС Самара,	НПС Самара,	НПС Любецкая,	НПС Совхозная,	НПС Грачи,	НПС Бородаевка,	НПС Терновка,	Параметры режима	Примечание
	млн.т./год	млн.т./год									удельное потребление электроэнергии кВт·ч/тонну	
	тыс.т/сут	тыс.т/сут.		марка Wortington 26QLSM/2	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	марка НМ10000-210	удельный расход электроэнергии, кВт·ч/тыс.км	
	т/2ч	т/2ч									скорость потока, м/с	
для нефти ν = __ мм2/с, ρ = __ кг/м3												
		-	Тип,кол-во, номер НА									
			Схема работы НА									
			$P_{вх.}$ кг/см^2									
		-	$P_{колл.}$ кг/см^2									
			$P_{вых.}$ кг/см^2									
			Уставка САР**** Рвх.раб кг/см2	-	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**		
			Уставка САР***** Рвых.раб кг/см2	-	**43.9**	**43.9**	**46**	**47**	**51**	**51.2**		
			Уставка защиты****** $P_{защ.}$ кг/см2	-	**47.8**	**47.8**	**50**	**51**	**55**	**55.2**		
		-	Мощность, кВт									

Приложение 3

Схема технологического участка «Самара-Красноармейск» МН «Самара-Лисичанск»



Приложение 4

Насосное оборудование ТУ «Самара-Красноармейск»
МН «Самара-Лисичанск»

НСП	№ агрегата	Тип насосного агрегата	Диаметр рабочего колеса, мм
Самара-2	1	НМ 10000-210	480
	2	НМ 10000-210	520
	3	НМ 10000-210	530
	4	НМ 10000-210	490
Любецкая	1	НМ 10000-210	480
	2	НМ 10000-210	480
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	480
Совхозная-3	1	НМ 10000-210	520
	2	НМ 10000-210	530
	3	НМ 10000-210	480
	4	НМ 10000-210	480
Грачи-3	1	НМ 10000-210	490
	2	НМ 10000-210	520
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	490
Бородаевка-2	1	НМ 10000-210	490
	2	НМ 10000-210	490
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	520
Терновка-2	1	НМ 10000-210	490
	2	НМ 10000-210	520
	3	НМ 10000-210	520
	4	НМ 10000-210	490

25

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Практические занятия оцениваются: «зачет», «незачет». По результатам защиты курсового проекта выставляется оценка.

Шкала оценивания:

«зачет» - Студент показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

«не зачтено» - При ответе студента выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины;

«отлично» - *Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций по 70 и более % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «4» и «5», при условии отсутствия уровней «1»-«3»:*студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

«хорошо» - *Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций по 60 и более % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «4» и «5», при условии отсутствия уровней «1»-«2», допускается уровень «3»:* студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

«удовлетворительно» - *Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций по 50 и более % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «3»-«5»:* студент показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

«неудовлетворительно» - *Выставляется, если уровень сформированности заявленных компетенций менее чем по 60 % дескрипторов (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается на уровнях «3»-«5»:* При ответе студента выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» или «зачет» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.