



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

*государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Самарской области «Отраденский нефтяной техникум»*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению расчетно-графических работ

ПМ.01 Обслуживание и эксплуатация технологического оборудования

по специальности

21.02.03 Сооружение и эксплуатации газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Отрадный, 2023

РАССМОТРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО

На заседании ЦК НиИТЦ

Протокол №2 от «20» октября 2023г.

Председатель ЦК

_____/Абдрахманова Т.К./

УТВЕРЖДЕНО

Методическим Советом

ГБПОУ «ОНТ»

Председатель МО

_____/Бурлаков Ю.А./

« 25 » октября 2023 года

Сороколетова Наталья Александровна, преподаватель, ВКК

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ

Учебно-методическое пособие для студентов 4 курса, обучающихся по специальности 21.02.03

Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

ГБПОУ «ОНТ», 2023г. – 65с.

Методические указания являются частью программы подготовки специалистов среднего звена ГБПОУ СПО «Отраденский нефтяной техникум» по специальности *21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ* в соответствии с требованиями ФГОС СПО.

Содержат методики выполнения расчетно-графических работ.

Предназначены для экспертов студентов техникума по изучению МДК.01.01 Технологическое оборудование газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Рекомендации к выполнению расчетно-графических работ	6
РГР№1 Расчет режима работы перекачивающей станции (ПС)	7
РГР№2 Пересчет характеристики насоса с воды на нефть	13
РГР№3 Выбор электродвигателя к насосу	14
РГР№4 Расчет вспомогательных систем насосных агрегатов	15
РГР№5 Расчет вентиляции насосного цеха	19
РГР№6 Расчет режима работы компрессора	24
РГР№7 Расчет показателей ТОР насоса	27
РГР№8 Расчет физико-химических свойств нефти	33
РГР№9 Расчет показателей ТОР компрессора	35
РГР№10 Расчет системы смазки компрессора	37
РГР№11 Состав газа и расчет физико-химических свойств	39
Информационные источники	43

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемые студенты!

В рамках МДК 01.01 Технологическое оборудование газонефтепроводов и газонефтехранилищ Вам предстоит выполнить расчетно-графические работы (РГР).

Расчетно-графические работы по МДК являются важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом.

Цель расчетно-графических работ – систематизация и закрепление теоретических знаний и развитие практических навыков по решению задач по режимам работы технологического оборудования, выработке навыков нахождения данных по справочной литературе и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области решения задач по определению режимов работы оборудования;

- подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;

- нахождение технических характеристик применяемого оборудования по исходным данным и анализ полученных значений;

- формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя. Варианты практических задач, необходимых к решению, в расчетно-графической работе разработаны на основе программы МДК 01.01 Технологическое оборудование газонефтепроводов и газонефтехранилищ.

Выполнение расчетно-графических работ способствует формированию следующих общих и профессиональных компетенций:

Общие компетенции:

- ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
- ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции:

ПК 1.2 Рассчитывать режимы работы оборудования

Показатель 2. Расчет основных технических показателей технологического оборудования и оборудования вспомогательных систем

Показатель 3. Термодинамический и гидравлический расчет режимов работы оборудования

Рекомендации к выполнению расчетно-графических работ

Прежде чем приступить к выполнению задания, следует изучить соответствующий теоретический материал, разобрать задачи, рассмотренные на практических занятиях.

Решение должно сопровождаться краткими, последовательными и грамотными без сокращения слов объяснениями, все полученные в ходе расчетов значения должны иметь соответствующую единицу измерения.

В случае получения дробного числа, следует округлять полученные значения до целого или до двух знаков после запятой, при необходимости (используя правила математического округления).

Графики следует выполнять при помощи чертежных принадлежностей, в случае затруднения представления их при помощи информационного приложения.

Все параметры, необходимые для отображения на графике, должны быть указаны.

Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями (какие формулы расчета показателей применяются, как получаются те или иные результаты и т.д.) и подробно излагать весь ход расчетов.

В возвращенной расчетно-графической работе студент должен исправить все отмеченные ошибки и выполнить все данные ему указания.

Если по условию задачи требуется проанализировать структуру элементов, динамику показателей и т. д., необходимо полученные результаты оформлять в сводную таблицу.

РГР №1**Расчет режима работы перекачивающей станции (ПС)**

Рассчитать рабочий режим ПС при следующих данных:

<i>Исходные данные</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Производительность, G, т/сут.	44000	45600	35000	50000	25000
Диаметр трубопровода D, мм	820	920	630	720	530
Длина трубопровода, L, км	120	100	110	120	140
Разность отметок, ΔZ , м	60	60	60	60	60
Вязкость нефти, ν , сСт	12,0	7,2	3,4	20,2	4,46
Плотность нефти или нефтепродукта, ρ , кг/м ³	860	830	880	890	900
Толщина стенки трубы, δ , мм	8	8	8	8	8

<i>Исходные данные</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>0</i>
Производительность, G, т/сут.	31500	48800	49000	35700	23000
Диаметр трубопровода D, мм	630	820	630	820	530
Длина трубопровода, L, км	130	130	140	110	120
Разность отметок, ΔZ , м	60	60	60	60	60
Вязкость нефти, ν , сСт	7,2	4,46	7,2	3,4	3,4
Плотность нефти или нефтепродукта, ρ , кг/м ³	720	830	890	830	920
Толщина стенки трубы, δ , мм	8	8	8	8	8

<i>Исходные данные</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
Производительность, G, т/сут.	41600	65600	31000	42000	28000
Диаметр трубопровода D, мм	820	920	630	720	530
Длина трубопровода, L, км	130	140	120	130	120
Разность отметок, ΔZ , м	60	60	60	60	60
Вязкость нефти, ν , сСт	15,0	7,2	3,4	20,2	4,46
Плотность нефти или нефтепродукта, ρ , кг/м ³	860	830	880	890	900

Толщина стенки трубы, δ , мм	10	10	10	10	9
-------------------------------------	----	----	----	----	---

Исходные данные	ВАРИАНТ				
	16	17	18	19	20
Производительность, G, т/сут.	35500	45800	39000	31700	24000
Диаметр трубопровода D, мм	630	820	630	820	530
Длина трубопровода, L, км	130	130	140	120	120
Разность отметок, ΔZ , м	60	60	60	60	60
Вязкость нефти, ν , сСт	7,2	4,46	7,2	3,4	3,4
Плотность нефти или нефтепродукта, ρ , кг/м ³	720	830	890	830	920
Толщина стенки трубы, δ , мм	9	11	11	10	10

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ

Подбор насосов для перекачки нефти

Режим работы центробежного насоса всегда следует рассматривать с гидравлической характеристикой трубопровода. Наиболее целесообразно определить режимы работы насоса графически. Если на график Q - H нанести суммарную характеристику насосов ПС и характеристику трубопровода, то совместный график называется совмещенной характеристикой. Пересечение характеристики трубопровода с суммарной характеристикой насосов определяет рабочую точку. Параметры рабочей точки характеризуют расход и напор при заданных условиях перекачки.

1 Построение характеристики трубопровода

Гидравлической характеристикой трубопровода называется зависимость между потерей напора в трубопроводе и расходом.

1.1 Определяется объемная секундная пропускная способность нефтепровода

$$Q_c = \frac{G}{24 \cdot 3600 \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где G – массовая годовая пропускная способность нефтепровода, кг/сут;

24 – число часов в сутках;

3600 – число секунд в часе;

ρ – плотность перекачиваемой нефти, кг/м³

1.2 Определяется внутренний диаметр нефтепровода

$$d = D - 2 \cdot \delta, \text{ м}$$

где D – наружный диаметр нефтепровода по ГОСТ, м;

δ – толщина стенки трубы, м.

1.3 Определяется скорость движения нефти

$$v = \frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot d^2}, \text{ м/с}$$

1.4 Определяется режим движения нефти, который характеризуется величиной числа Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu},$$

где ν – кинематическая вязкость нефти, м²/с.

Если $Re < 2300$, то режим движения жидкости ламинарный.

Если $Re > 2300$, то режим турбулентный.

1.5 Если режим движения турбулентный, то определяется зона трения

1.5.1 Определяется первое переходное число Рейнольдса

$$Re_{1пер} = 40 \cdot \frac{d}{e},$$

где e – абсолютная шероховатость труб, м ([27], стр. 44)

Если $2300 < Re < Re_{1пер}$, то зона гладкого трения (гидравлически гладких труб, зона Блазиуса)

1.5.2 Если $Re > Re_{1пер}$, то определяется второе переходное число Рейнольдса

$$Re_{2пер} = 500 \cdot \frac{d}{e},$$

Если $Re_{1пер} < Re < Re_{2пер}$, то зона смешанного трения (гидравлически шероховатых труб)

1.5.3 Если $Re > Re_{2пер}$, то зона квадратичного трения (вполне шероховатых труб)

1.6 В зависимости от режима движения и зоны трения определяются коэффициенты m, A, β . ([27], стр.47)

1.7 Строится характеристика нефте- или нефтепродуктопровода по уравнению

$$H_0 = f \cdot Q_c^{2-m} + \Delta z, \text{ м,}$$

где $f = \beta \cdot \frac{v^m}{d^{5-m}} \cdot L,$

L – длинанафте- или нефтепродуктопровода, м;

Δz – статический напор, который складывается из разности геодезических отметок начала и конца нефте- или нефтепродуктопровода h_z и требуемого избыточного напора в конце трубопровода h_u . т.е. $\Delta z = h_z + h_u, \text{ м}$

Для магистральных трубопроводов величина h_u часто очень мала по сравнению с другими слагаемыми, тогда ею можно пренебречь и $\Delta z = h_z$.

Задаваясь значениями Q_c , определяют соответствующие им значения H_0 (таблица 1) и строят характеристику трубопровода 1 (рис .1)

Таблица 1 – Расчетные данные

$Q_c, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_q = 3600 \cdot Q_c, \text{ м}^3/\text{ч}$	$H_0 = f \cdot Q_c^{2-m} + \Delta z, \text{ м}$

2. Расчет режима работы ПС

2.1. Насосы выбираются предварительно из нормального ряда насосов по часовой подаче Q_q

$$Q_q = 3600 \cdot Q_c, \text{ м}^3/\text{ч}$$

По найденному значению Q_q выбирается насос по справочной литературе ([6], стр.198-202; [14], стр.48-61 и др)

Техническая характеристика насоса

Номинальная подача	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$
Развиваемый напор	$H, \text{ м}$

Допускаемый	
кавитационный запас	
сверх упругости	Δh_1 , м
насыщенных паров	η , %(доли единицы)
КПД	n , об/мин
Частота вращения	
Наружный диаметр	D_k , м
рабочего	b , м
колеса	
Ширина лопатки	

2.2. Определяется напор, необходимый на ПС

$$H_{ПС} = H_0 + \Delta h_1 + h_{вс} + h_{наг} + h_{рез}, \text{ м}$$

где H_0 - общие потери напора в нефтепроводе (сопротивление), м;

Δh_1 - допускаемый кавитационный запас для выбранных насосов, м;

$h_{вс}$ - потери напора во всасывающих трубопроводах следующей станции, м;

$$h_{вс} = 5 \div 15 \text{ м};$$

$h_{наг}$ - потери напора в нагнетательных трубопроводах данной станции, м;

$$h_{наг} = 5 \div 15 \text{ м};$$

$h_{рез}$ - потери напора в трубопроводных коммуникациях резервуарного парка, м;

$$h_{рез} = 5 \div 15 \text{ м}.$$

2.3. Определяется число насосов, соединенных последовательно

$$m = \frac{H_{ПС}}{H},$$

где H - напор насоса по характеристике, м.

Полученное значение округляется до ближайшего большего целого m .

2.4. Определяется напор, который должен давать насос,

$$H' = \frac{H_{ПС}}{m}, \text{ м}$$

2.5. Чтобы выбрать наиболее оптимальный режим работы насосов нормами технологического проектирования рекомендуется напор насосов привести в

соответствие с требуемым напором ПС путем обрезки рабочих колес насоса. При этом во избежании значительного снижения КПД насосов необходимо уменьшить диаметр колес не более чем на 10%.

$$\text{Диаметр колеса после обточки равен } D'_k = D_k \cdot \sqrt{\frac{H'}{H}}, \text{ м}$$

2.6. Определяется размер обточки колеса

$$\Delta D_k = D_k - D'_k, \text{ м}$$

$$\Delta D_k \% = \frac{\Delta D_k}{D_k} \cdot 100, \%$$

Если $\Delta D_k < 10\%$, то обточка колеса произведена в допустимых пределах.

2.7. Определяется снижение напора при работе с обточенным колесом

$$\Delta H = H - H', \text{ м}$$

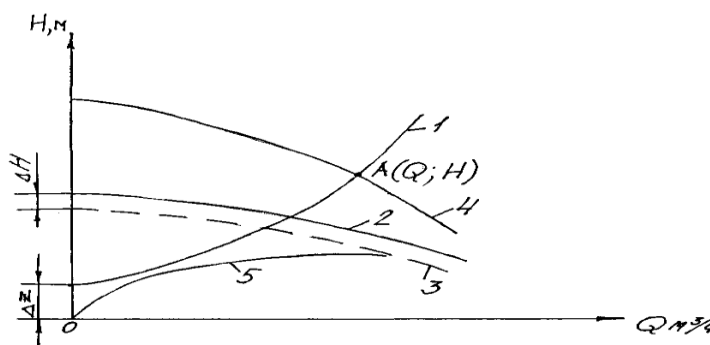


Рисунок 1 - Совмещенная характеристика “трубопровод - насосная станция”

1 - характеристика трубопровода; 2 – характеристика одного насоса по паспорту; 3 - действительная характеристика одного насоса с обточенным колесом; 4 - суммарная характеристика ПС, оборудованной двумя насосами с обточенными колесами, соединенными последовательно; A(Q;H) - рабочая точка; 5 - зависимость η - Q выбранного насоса.

Рабочий режим выбранных насосов определяет рабочая точка А, т.е. насосы в данный трубопровод будут подавать $Q \text{ м}^3/\text{час}$ нефти или нефтепродукта и создавать напор H м. Если координаты рабочей точки А (Q, H) соответствуют требуемым на ПС подаче и напору, значит насосы выбраны правильно.

Если рабочая точка лежит в области максимального КПД, насосы работают в оптимальном режиме.

Пересчет характеристики насоса с воды на нефть

Задание: Произвести пересчет характеристики выбранного насоса в РГР№ 1 с воды на вязкую жидкость (нефть или нефтепродукт)

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ

В паспортах и справочной литературе приведены характеристики насосов, снятые при работе насосов на воде. Так как перекачиваемый продукт имеет большую, чем вода вязкость, то подача, напор и КПД насоса будут уменьшаться, а потребляемая мощность увеличивается из-за резкого падения КПД. Поэтому пересчитывают характеристику насоса с воды на нефть.

1. Определяют число Рейнольдса для колеса

$$Re = \frac{q_{ном}}{D_{экр} \cdot \nu},$$

где $q_{ном}$ - номинальная подача насоса, м³/сек

где $Q_{час}$ - номинальная подача насоса, м³/час (см. рабочую точку рис.1);

$D_{экр}$ - эквивалентный диаметр рабочего колеса насоса, м;

$$D_{экр} = \sqrt{4 \cdot D_k \cdot \nu \cdot \kappa}, \text{ м,}$$

где D_k - наружный диаметр рабочего колеса, м (в расчет берется диаметр колеса после обточки);

ν - ширина лопатки рабочего колеса по характеристике, м;

κ - коэффициент сужения сечения лопатки рабочего колеса на выходе; ([1]стр.50)

2. В зависимости от числа Рейнольдса определяются коэффициенты пересчета подачи κ_Q , напора κ_H , КПД κ_η ([1]стр.49 рис.3.3)

3. Определяются действительные подача, напор, КПД насоса

$$Q_o = \kappa_Q \cdot Q, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$H_o = \kappa_H \cdot H, \text{ м}$$

$$\eta_o = \kappa_\eta \cdot \eta, \%$$

где Q, H - параметры насоса с обточенным колесом

РГР № 3

Выбор электродвигателя к насосу

Задание: Подобрать электродвигатель к насосу, выбранному в РГР №1.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ

1 Определяется потребляемая насосом мощность (мощность на валу насоса)

$$N_n = \frac{Q_d \cdot H_d \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot \eta_d}, \text{ кВт}$$

где g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$

2. Определяется мощность электродвигателя для привода насоса

$$N_{дв} = \frac{\kappa_3 \cdot N_n}{\eta_{дв}}, \text{ кВт}$$

где κ_3 - коэффициент запаса

$\kappa_3 = 1,1$, т.к. $N_n > 500$ кВт ([1] стр.50)

$\eta_{дв}$ - КПД электродвигателя ([26] стр.158-166)

3. Выбирается электродвигатель для привода насоса по справочной литературе ([26], с.127-185)

Техническая характеристика электродвигателя

Номинальная мощность	$N (P)$, кВт $U_{ном}$, кВ
Номинальное напряжение	$\eta_{дв}$ %
Коэффициент полезного действия	n , об/мин
$\cos \varphi$	
Частота вращения	

РГР№ 4

Расчет вспомогательных систем насосных агрегатов

Задание: Произвести расчет вспомогательных систем насосного агрегата

Данные для решения взять из задач 1, 2, 3.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ

Расчет системы смазки

1 Определяется количество тепла, которое необходимо отвести от подшипников

$$Q = n \cdot N_{об.} \cdot (1 - \eta_{II}), \text{ Дж} \cdot \text{с},$$

где η_{II} - КПД подшипника. В условиях полужидкостного трения КПД одной пары подшипников принимают для подшипников скольжения с вкладышами с баббитовой заливкой $\eta_{II} = 0,98 \div 0,99$,

$N_{об.}$ - мощность двигателя, Вт;

n - число рабочих насосов.

2 Определяется необходимый массовый расход масла для смазки подшипников

$$G_m = \frac{Q}{[c_m \cdot (t_{2m} - t_{1m})]}, \text{ кг/с},$$

где t_{1m} - температура масла на входе в подшипник, °C, $t_{1m} = 35 \div 55^\circ\text{C}$;

t_{2m} - температура масла на выходе из подшипника, °C, $t_{2m} = 50 \div 65^\circ\text{C}$.

c_m - удельная теплоемкость масла, (см. [34], стр. 338, рис. 6.23);

3 Определяется объемный часовой расход масла

$$Q_m = 3600 \cdot \left(\frac{G_m}{\rho_m} \right), \text{ м}^3/\text{ч},$$

где ρ_m - плотность масла, кг/м^3 , $\rho_m = 900 \text{ кг/м}^3$.

4 По найденному значению Q_m выбираются насосы для подачи масла. Для определения напора и давления насоса производится гидравлический расчет масляной коммуникации системы смазки.

Приводится техническая характеристика выбранных насосов.

Таблица 9 - Техническая характеристика насоса _____ (см. [2], стр. 15, табл. 4)

Параметр	Величина
Подача	
Давление нагнетания	
Мощность привода	
Частота вращения вала	
Коэффициент полезного действия	
Масса с приводом	

5 Так как масло охлаждается водой, то определяется необходимый массовый расход воды для охлаждения масла

$$G_w = \frac{Q}{[c_w \cdot (t_{2w} - t_{1w})]}, \text{ кг/с,}$$

где c_w - удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К). Рекомендуется $c_w = 4187$

Дж/(кг·К);

$\Delta t = t_{2w} - t_{1w}$ - выбирается таким, чтобы температура охлаждаемой воды не превышала 30÷40°C, так как при температуре 45°C начинается повышенное выделение солей, загрязняющих поверхности теплообмена. Обычно Δt принимают в пределах 10÷15°C;

t_{1w} - температура воды на входе в маслоохладитель.

t_{2w} - температура воды на выходе из маслоохладителя.

6 Определяется объемный часовой расход воды на охлаждение масла

$$Q_v = 3600 \cdot \left(\frac{G_w}{\rho_w} \right), \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где ρ_w - плотность воды выбирается по справочникам при температуре воды на входе в маслоохладитель. Плотность воды при 25°C $\rho_w = 1000 \text{ кг/м}^3$.

7 Определяется требуемая поверхность теплообмена

$$F = \frac{Q}{(k \cdot \theta_{cp})}, \text{ м}^2,$$

где k – коэффициент теплопередачи в маслоохладителе, Вт/(м²·К).

Рекомендуется $k = 85 \div 105$ Вт/(м²·К).

$\theta_{cp.}$ - средняя разность температур между маслом и водой, °С.

$$\theta_{cp.} = \frac{t_{1м} + t_{2м}}{2} - \frac{t_{1в} + t_{2в}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

8 По ГОСТ выбираются маслоохладители с поверхностью теплообмена F , ближайшей, большей к расчетной.

Расчет системы охлаждения

Количество теплоты, которое необходимо отвести от уплотнений и подшипников основных насосов, подшипников промежуточного вала, маслоохладителя, подшипников вихредухоохладителя электродвигателей, определяют по формуле

$$Q = n \cdot (Q_n + Q_{mp} + Q_{дв}) + Q_{хол},$$

где n – число действующих агрегатов;

Q_n - количество тепла, выделяемое при трении в подшипниках и уплотнениях насоса;

Q_{mp} - количество тепла, выделяемое в подшипниках трансмиссии;

$Q_{дв}$ - количество тепла, выделяемое двигателем;

$Q_{хол}$ - количество тепла, отводимое в маслоохладителе.

$$Q_n = (1 - \eta) \cdot N_n,$$

где η - к.п.д. насоса; $\eta = 0,98 \div 0,995$

N_n - мощность, подведенная к трансмиссии

$$Q_{дв} = (1 - \eta_{дв}) \cdot N_{дв},$$

где $\eta_{дв}$ - к.п.д. двигателя;

$N_{дв}$ - мощность двигателя.

$$Q_{хол} = k \cdot F \cdot \theta_{cp.}$$

1 Определяется количество теплоты, которое необходимо отвести (с учетом выше указанных равенств)

$$Q = n \cdot N_{дв} \cdot (1 - \eta_n \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_{дв}) + k \cdot F \cdot \theta_{cp.} \text{ Дж/с}$$

где k - коэффициент теплопередачи в маслоохладителе, $Вт/м^2 \cdot К$, $k = 85 \div 105 Вт/м^2 \cdot К$;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии, д.ед, $\eta_{тр} = 0,99$.

F – требуемая поверхность теплообмена, $м^2$

2 Определяется расход воды для охлаждения

$$G = Q / c_v \cdot \Delta t, кг/с$$

3 Определяется объемный часовой расход воды в системе охлаждения

$$Q_{охл} = 3600 \cdot (G / \rho_v), м^3/ч$$

4 Выбираются насосы для системы охлаждения типа _____, насосы вихревые([33], с.17,т.5) в количестве 1 насоса.

Техническая характеристика _____

Подача, $м^3$ - ...

Напор, м - ...

Мощность привода ,кВт - ...

Частота вращения вала, об/мин - ...

РГР№5

Расчет вентиляции насосного цеха

<i>Исходные данные</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Ширина насосной a , м	7	6	5	8	9
Длина насосной b , м	31	30	29	32	33
Высота h , м	7	6	6	7	7
Конечная температура нагреваемого воздуха t_k , °С	17,5	17	16,5	18	16
Начальная температура нагреваемого воздуха t_n , °С	-14,5	-14	-13,5	-13	-14,8
Теплоноситель вода t_1 , °С,	120	118	115	122	120
Теплоноситель вода t_2 , °С	70	68	65	72	68

<i>Исходные данные</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>0</i>
Ширина насосной a , м	7	6	5	8	9
Длина насосной b , м	30	31	30	31	32
Высота h , м	6	7	6	7	7
Конечная температура нагреваемого воздуха t_k , °С	17,5	17	16,5	18	16
Начальная температура нагреваемого воздуха t_n , °С	-14	-13,5	-14,5	-12	-13
Теплоноситель вода t_1 , °С,	117	122	118	120	121
Теплоноситель вода t_2 , °С	70	68	65	72	69

Задание: Произвести расчет вентиляции насосного цеха

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ

Расчет вентиляции насосного цеха

Промышленная вентиляция предназначена для удаления из производственных помещений и рабочих мест воздуха, содержащего различные взрывоопасные и вредные вещества (газы, пары, пыль) и подачи в помещения и к рабочим зонам чистого воздуха, а также улучшения температурных и других метеорологических условий помещения. Вентиляция является эффективным техническим средством улучшения условий труда в производственных помещениях.

По различным признакам вентиляционные установки подразделяются на естественные и механические, общеобменные и местные, приточные и вытяжные.

Естественная вентиляция осуществляется благодаря разности температур и плотностей воздуха внутри и снаружи помещения, а также действию ветра на здание. Чем больше разность между температурами воздуха внутри и снаружи помещения, тем больше тепловой напор и следовательно, объем воздуха, проходящего через 1 м^2 открытого отверстия.

Механическая вентиляция осуществляется при помощи вентиляторов-машин, создавших разность давлений. Применяется она в тех случаях когда естественной вентиляцией нельзя обеспечить необходимый воздухообмен.

Вытяжная вентиляция служит для удаления из помещения, загрязненного воздуха и выброса его из помещения.

Приточная вентиляция служит для подачи в помещение чистого воздуха.

Расчет приточной вентиляции

1 Определяется размеры помещения насосной

$$V = a \cdot b \cdot h, \text{ м}^3$$

где a – ширина насосной, м,

b – длина насосной, м,

h – высота, м,

2 Определяется производительность воздухообмена по формуле

$$Q = V \cdot K, \text{ м}^3/\text{час}$$

где K – кратность воздухообмена, которая показывает число полных смен воздуха в объеме помещения в 1 час, зависит от перекачиваемого продукта, его температуры и наличия сернистых соединений, ([2] табл.13)

3 Определяется потери воздуха в камере 25%

$$Q_{пот} = 0,25 \cdot Q, \text{м}^3/\text{час}$$

4 Определяется производительность приточной вентиляции

$$Q_{прит} = Q + Q_{пот}, \text{м}^3/\text{час}$$

5 По данной производительности выбирается два вентилятора и двигатель к ним ([31], стр.804). К двум рабочим вентиляторам выбираются два резервных, т.к. резерв должен быть 100%.

Каждый вентилятор имеет расчетную производительность

$$Q_{нр.р} = \frac{Q_{прит}}{2}, \text{м}^3/\text{час}$$

Выбирается вентиляторы типа _____

Техническая характеристика _____

Давление	- ...кг/м ²
КПД	- ...
Частота вращения	- ... об/мин

6 Производится подбор электродвигателя к вентилятору

$$N_{э} = \frac{Q_{нр.р} \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_в \cdot \eta_n}, \text{кВт}$$

где Q – производительность вентилятора, м³/час

H – давление воздуха, кг/м²

$\eta_в$ - КПД вентилятора, д.ед.

η_n - КПД передачи, д.ед. ([31], стр.802)

7 Определяется установочная мощность с учетом коэффициента запаса для двигателя.

Если $N_3 \leq 50$ кВт, то $k_3 = 1,2$

$$P_y = k_3 \cdot N_3, \text{ кВт}$$

Выбирается двигатель марки ([31], стр.836, табл.295) _____

Техническая характеристика двигателя марки _____

Мощность - ... кВт

Частота вращения - ... об/мин

Расчет вытяжной вентиляции

1 Определяется объем удаленного воздуха. Он должен быть на 25% меньше притока

$$Q_{\text{выт}} = Q_{\text{прит}} - Q_{\text{прит}} \cdot 0,25 \text{ м}^3/\text{час}$$

2 Определяется расчетная производительность вентилятора

$$Q_{\text{выт.вент}} = \frac{Q_{\text{выт}}}{2} \text{ м}^3/\text{час}$$

По этой производительности подбирается количество и тип вентиляторов ([31], стр.807)

Техническая характеристика вентилятора _____

Давление - ... кг/м²

КПД - ...

Частота вращения - ... об/мин

3 Производится подбор электродвигателя к вентилятору

$$N_3 = \frac{Q_{\text{пр.р}} \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_6 \cdot \eta_n}$$

4 Определяется установочная мощность с учетом коэффициента запаса для двигателя

$$P_y = k_3 \cdot N_3, \text{ кВт}$$

Выбирается двигатель марки _____ ([26], стр.130, табл.4.2)

Техническая характеристика двигателя марки _____

Мощность - ... кВт

Частота вращения - ... об/мин

Расчет калорифера

1 Определяется расход тепла на нагрев воздуха

$$W = G \cdot 0,24 \cdot (t_k - t_n) \text{ ккал/г}$$

где G – количество нагреваемого воздуха, кг/час

$$G = 1 \cdot Q_{прит}, \text{ кг/ч}$$

0,24 – теплоемкость воздуха, ккал/кг

t_k – конечная температура нагреваемого воздуха, °С

t_n – начальная температура нагреваемого воздуха, °С

Теплоноситель вода $t_1 = \dots$ °С, $t_2 = \dots$ °

2 Задаваясь весовой скоростью воздуха $v_y = \dots$ кг/м²сек ([31], табл.268)

находится величина коэффициента теплопередачи для воды $k = \dots$ ккал/г
м²град

3 Определяется необходимая поверхность нагрева калориферной установки

$$F_y = \frac{W}{k \cdot \left(\frac{t_2 + t_1}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \right)}, \text{ м}^2$$

4 Определяется количество и тип калорифера (26), стр.779, табл.273,
установленных параллельно проходу воздуха с поверхностью нагрева

$$F_y = 2 \cdot f, \text{ м}^2$$

где f – поверхность нагрева 1 калорифера, м²

5 Определяется весовая скорость для принятой установки калорифера

$$v_y = \frac{G}{3600 \cdot 3 \cdot f'}, \text{ кгс/м}^2\text{сек}$$

где f' – живое сечение 1 калорифера, м² ([26], стр.778, табл.272)

6 Определяется сопротивление проходу воздуха через однорядную установку

$$H = 0,28 \cdot (v_y)^{1,7}, \text{ кгс/м}^2$$

РГР № 6**Расчет режима работы компрессора**

<i>Исходные данные</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Тип компрессора		10ГК-1	10ГК-1-4	10ГК-1-5	10ГК-1-3,5/44	10ГК-1-55-125
Температура газа на всасывании, t_B	°С	5	8	7	6	9

<i>Исходные данные</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>ВАРИАНТ</i>				
		<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>0</i>
Тип компрессора		10ГКН-1	10ГКН	МК-8	ДР-12	8ГК
Температура газа на всасывании, t_B	°С	10	12	5	6	10

Задание: Рассчитать режим работы компрессорной станции при следующих данных

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ**Расчет режима работы компрессора**

1. Техническая характеристика компрессора

Таблица 2 - Техническая характеристика компрессора ([3], стр. 90-91; [29], стр. 168-169; [30], стр. 55)

Наименование показателя	Единицы измерения	Показатель
Производительность при нормальных условиях	$\text{м}^3/\text{ч}$	3100
Давление:	$\text{кгс}/\text{см}^2$	25

приема		55
нагнетания		5
Число цилиндров		197
Диаметр цилиндра	мм	356
Ход поршня	мм	300
Скорость вращения коленчатого вала	об/мин.	1
Число ступеней сжатия		
Число всасывающих и нагнетательных клапанов на каждом цилиндре		4
Расположение цилиндров		Двойного
Тип компрессора		действия
	%	8,7
Объем вредного пространства:		30-35
при закрытой регулировочной полости	Доли	0,95
при открытой регулировочной полости	единиц	
Механический к.п.д.		

2. Определяется давление всасывания компрессора

$$p_v = \lambda_{pv} \cdot p_{нач}, \text{ Па}$$

где λ_{pv} – потери во всасывающих клапанах, определяем по графику на рис. 11.17 [1], с. 252

3. Определяется давление нагнетания компрессора

$$P_n = \lambda_{pn} \cdot p_{кон}, \text{ Па}$$

где λ_{pn} – потери в нагнетательных клапанах, определяем по графику на рис. 11.17, [1], с. 252

4. Вычисляется степень сжатия

$$\varepsilon = \frac{P_n}{p_v}$$

5. По степени сжатия и графику на рис. 11.18, [1] определяется нагрузка двигателя и подача цилиндра компрессора

$$K = \frac{N_{у.к.}}{V}$$

6 Определяется подача компрессора при всасывании:

$$q_i = V \cdot i, \text{ м}^3/\text{ч};$$

где i – количество компрессорных цилиндров в компрессоре.

7 Определяется рабочий объем цилиндра компрессора

7.1 одинарного действия

$$V_h = i \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s, \text{ м}^3$$

7.2 двойного действия

$$V_h = i \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (2D^2 - d_w^2) \cdot s, \text{ м}^3,$$

где D – диаметр компрессорного цилиндра, м;

d_w – диаметр штока компрессорного цилиндра, м;

s – ход поршня компрессорного цилиндра, м.

8. Определяется индикаторная мощность компрессора

$$N_{у.к.} = 10^5 \cdot p_{нач.} \cdot K \cdot q^H, \text{ кВт.}$$

9. Определяется эффективная мощность компрессора, необходимая для сжатия газа

$$N_э = \frac{N_{у.к.}}{\eta_m}, \text{ кВт};$$

10. Определяется подача компрессора, приведенная к стандартным условиям

($t_{ст} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{ст} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$)

$$q^K_{ст} = \left(\frac{T_{ст}}{p_{ст}} \right) \cdot \left(\frac{p_{нач.}}{T_{нач.}} \right) \cdot q^K, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $T_{нач.}$ – температура газа на всасывании компрессора, К.

Расчет показателей ТОР насосов

Таблица вариантов заданий для задачи 5

Исходные данные	Ед. изм.	ВАРИАНТ				
		1	2	3	4	5
Марка насоса		10Н-8×4	НМ 2500×230	16НД-10×1	НМ 1250×260	12НД-11×2
Количество	шт.	3	3	3	3	3

Исходные данные	Ед. изм.	ВАРИАНТ				
		6	7	8	9	0
Марка насоса		НМ 3600×230	24НД-14×1	НМ 5000×210	НМ 7000×210	24DVS-D
Количество	шт.	3	3	3	3	3

Задание: Рассчитать показатели ТОР магистральных насосов

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ**Расчет показателей ТОР насосов**

Трудоемкость ремонтных работ зависит от вида и сложности ремонта сооружений, определяемой их конструктивными и технологическими особенностями. Степень сложности ремонта сооружений, их ремонтные особенности оцениваются категориями сложности ремонта. Чем сложнее сооружение, тем выше основные данные их технической характеристики, тем выше категория сложности ремонта. Категория сложности ремонта сооружения определяется путем сопоставления с ремонтосложностью агрегата-эталона. Для оценки ремонтных особенностей технологических насосов в качестве эталона принята ремонтосложность центробежного насоса типа 14НД 11×2, имеющего 7-ую категорию сложности ремонта.

1. Определяется трудоемкость ремонтных работ

$$T_p = R \cdot H_g, \text{ чел. час.}$$

где T_p – трудоемкость ремонтных работ, чел. час.;

R – категория сложности ремонта; (таблица 3 данного пособия)

H_g – норма времени на одну ремонтную единицу, чел. час.; (таблица 5 данного пособия)

Зависимости для определения категорий сложности ремонта технологических сооружений и оборудования разработаны с учетом их конструктивных и технологических особенностей и можно определить по формулам таблицы 5.

2. Определяется продолжительность простоя в ремонте технологических насосов

Продолжительность простоя сооружений в ремонте зависит от вида ремонта, трудоемкости ремонта, состава ремонтной бригады, количества и длительности смен, выполнения рабочими норм выработки, технологии ремонта и организационно-технических условий выполнения ремонтных работ.

$$T_{np} = R \cdot H_{np}, \text{сут. или час.}$$

Нормативы простоя сооружений в ремонте приведены в таблице 6.

Таблица 3 – Категория сложности ремонта

Наименование сооружений и оборудования	Краткая техническая характеристика		Категория сложности ремонта
	Подача, куб.м. / час.	Напор, м	
Магистральные насосы			
Центробежные спирального типа:			
8НД-10×5	300	370	7
8МБ-9×2	360	315	6
10Н-8×4	500	740	7
12Н-10×4	750	740	7,5
12НД-11×2	1100	265	7
14Н-12×2	1100	370	7
16НД-10×1	2200	230	7,5
20НД-12×1	3000	210	8
24НД-14×1	4000	210	8
NG-300/460/100	1600	250	7
NG-300/450/100	2200	230	7,5
24DVS-D	7000	210	11
Центробежные секционного типа:			
АЯП-3×150	150	600	6
АЯП-3×300 или 8МС	300	600	6,5

Таблица 4 - Зависимости для определения категории сложности ремонта (R) технологических сооружений и оборудования

Формула определения	Значения коэффициентов			
	K ₁	K ₂	K ₃	K _α
<p>Для центробежных насосов</p> $R = (K_1 \cdot m + K_2 \cdot t + K_3 \cdot Q) \cdot K_\alpha + C$ <p>где K₁, K₂, K₃ – коэффициенты</p> <p>m – число рабочих колес;</p>	0,75	0,15	0,001	<p>0,65 – для насосов спирального типа</p> <p>0,36 – для насосов</p>

<p>Q – подача насоса в м³ /ч</p> <p>C – ремонтсложностьтрансмиссии насосного агрегата, равная 1</p> <p>Для поршневых насосов с редуктором</p> $R = (K_1 \cdot p + K_2 \cdot Q) \cdot K_\alpha$ <p>где p – рабочее давление кг/см².</p> <p>Q – подача в л/сек.</p>	0,1	0,5	секционного типа
			1 – для насосов двойного действия
			1,5 – для насосов одинарного действия

Таблица 5 - Нормативы времени (в час) на одну ремонтную единицу (предельные)

Виды оборудования, сооружений и машин	Виды ремонтно-профилактических работ			
	ТО-1	ТО-2	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Магистральные трубопроводы	-	-	0,6	35
Технологические резервуары	0,1	0,5	15,0	35
Технологическое оборудование	0,5	1,5	10,0	35

Таблица 6 - Нормативы продолжительности простоя (в сутках) сооружений, оборудования и машин из-за ремонта на одну ремонтную единицу (предельные)

Наименование сооружения	Виды ремонтно-профилактических работ			
	ТО-1	ТО-2	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Технологическое оборудование	0,008	0,035	0,25	1,0

Примечание: Время простоя округляется до целых суток (причем округление ведется только в большую сторону).

3. Определяется численность ремонтных рабочих

Численность ремонтных рабочих, необходимая для проведения ремонтных работ на технологических насосах, рассчитывается методом нормо-часов по формуле:

$$N_p = \frac{T_p}{ФРВ \cdot \eta}$$

где T_p – годовая трудоемкость ремонтных работ, чел.час.

$ФРВ$ – годовой фонд рабочего времени одного работника, час.

η - коэффициент повышения производительности труда (коэффициент внеплановых ремонтов).

4. Определяется длительности ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов.

Система ТОР предусматривает применительно к различным видам сооружений, машин и оборудования и условиям их эксплуатации разную продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов.

Ремонтным циклом (Т) называется:

а) для сооружений и оборудования, находящихся в эксплуатации, - период работы сооружений и оборудования между двумя капитальными ремонтами;

б) для вновь построенных сооружений, машин или оборудования – период их работы от начала ввода в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

Межремонтным периодом называется период работы сооружений, оборудования и машин между двумя очередными плановыми ремонтами.

Межосмотровым периодом называется период работы сооружений, оборудования и машин между двумя очередными осмотрами или между очередным плановым ремонтом и осмотром.

Продолжительность ремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов зависит от типа сооружений, оборудования и машин, условий и характера

их работы и устанавливается для каждой группы машин, оборудования и сооружений.

Таблица 7 - Зависимости для определения продолжительности ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов технологических сооружений и оборудования

Сооружения и оборудование	Ремонтный цикл T	Межремонтный период, t	Межосмотровый период, t _o
Магистральные центробежные насосы	$\beta_n \cdot 37800$	$\frac{T}{n_T + 1}$	$\frac{T}{n_T + n_o + 1}$

Примечания.

1. Продолжительность ремонтных циклов насосов определяют в отработанных часах.

2. Рассчитанную продолжительность ремонтных циклов сооружений следует округлять до целых единиц (лет) в меньшую сторону.

Таблица 8 - Числовые значения коэффициентов, входящих в зависимости для определения продолжительности ремонтного цикла β_n для магистральных центробежных насосов

Число оборотов в минуту	Значение β_n
1500	1
3000	0,667

Таблица 9- Структуры ремонтных циклов для технологических сооружений и оборудования

Сооружения и оборудование	Ремонтно-профилактические работы в цикле		
	количество		
	Текущих ремонтов	ТО-2	ТО-1
Магистральные центробежные насосы	12	36	
Магистральные поршневые насосы	12	32	144

Расчет физико-химических свойств нефти

1 Определяется плотность нефти (это масса нефти, содержащаяся в единице объема) при температуре перекачки, равной температуре грунта 3°C ([Ш], стр. 5)

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + a \cdot (t - 20)$$

Отсюда

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - a \cdot (t - 20),$$

где ρ_4^{20} – относительная плотность нефти это отношение плотности нефти при 20°C к плотности воды при 4°C;

a – температурная поправка в зависимости от относительной плотности нефти. ([Ш], стр. 6, таблица 1.1);

t – расчетная температура, °C

$$\rho_4^t = \rho^t / \rho_4,$$

где ρ^t – плотность нефти при t °C. $\rho^t = \rho$;

ρ_4 – плотность воды при 4°C, равная 1000 кг/м³, то есть $\rho_4 = 1000$ кг/м³ ([Р], стр.14, таблица 2)

Плотность нефти при t °C

$$\rho = \rho^t = \rho_4 \cdot \rho_4^t = 1000 \cdot 0,8525 = 852,5 \text{ кг/м}^3$$

2 Определяется вязкость нефти при температуре t °C. Вязкость – способность отдельных слоев жидкости оказывать сопротивление при перемещении.

Температурная зависимость вязкости нефтей описывается формулой П.А. Филонова ([Р], стр. 104).

$$\nu_t = \nu_0 \cdot e^{-u \cdot t}, \text{ м}^2/\text{с},$$

где ν_t – кинематическая вязкость нефти при температуре t °C, м²/с;

ν_0 – кинематическая вязкость нефти при температуре 0°C, м²/с;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,72$;

u – коэффициент, устанавливаемый путем обработки экспериментальных данных

$$u = \ln(v_1/v_2) / (t_2 - t_1),$$

где v_1 – кинематическая вязкость нефти при температуре t_1 ;

v_2 – кинематическая вязкость нефти при температуре t_2 .

$$v_0 = v_t \cdot e^{u \cdot t}$$

Определяется v_0 , затем v_t .

РГР№9

Расчет показателей ТОР компрессора

Трудоемкость ремонтных работ зависит от степени сложности ремонта оборудования, определяемой:

ремонтными особенностями оборудования (конструктивная сложность, условия разборки и сборки, масса снимаемых при ремонте деталей или узлов и другие);

условиями работы оборудования, включая технологический режим, качество ухода и контроля за оборудованием;

длительностью межремонтных периодов;

уровнем механизации ремонтных работ.

Степень сложности ремонта оценивается количеством труда, затрачиваемого на один из видов ремонта оборудования, и измеряется в человеко-часах. В таблице 6 ([33], с.25). приведена трудоемкость работ по видам ремонтов оборудования, которая была составлена по действующим нормам времени и составу ремонтных работ в каждом виде ремонта.

Приведенная в таблице 6 ([33], с.25). трудоемкость ремонтных работ может быть использована для расчета объема ремонтов, при планировании численности ремонтного персонала, но не может служить основанием для оплаты труда рабочих.

Затраты труда на слесарные, станочные, сварочные и прочие виды работ приведены в таблице 7 ([33], с.41).

Месячный или годовой объем ремонтных работ, необходимых для проведения планово-предупредительного ремонта оборудования, рассчитывается на основании имеющихся на предприятиях графиков ТОР и данных таблиц 6 и 7. Для этого механиком и начальником производства составляется расчетная ведомость по форме 1, которая сдается в отдел главного механика.

Расчетная ведомость является основным документом для расчета численности рабочих на проведение ТОР оборудования. Расчет численности рабочих производится по формуле

$$N_p = T / t \cdot k_e,$$

где N_p - количество рабочих;

T - трудоемкость ремонтных работ;

- для проведения ТР компрессора $T = 1404$ ч;

- для проведения СР компрессора $T = 3680$ ч;

- для проведения КР компрессора $T = 4680$ ч.

t - фонд рабочего времени (принимается 219 рабочих дней с 8 часовым графиком работы)

k_e - коэффициент нормы выработки (устанавливается плановым отделом); $k_e = 1,1$.

Расчет системы смазки компрессора

1 Определяется подача шестеренчатого насоса

$$Q = \eta_n \cdot D \cdot h \cdot b \cdot n_n / 10^6, \text{ л/мин}$$

где η_n – коэффициент соответственно подачи насоса и полезного действия, $\eta_n = 3,6$ м³/ч,

D – диаметр начальной окружности зубьев, мм,

h – высота зубьев шестерен, мм,

b – длина зубьев, мм,

n_n – частота вращения шестерни, об/мин

2 Определяется мощность для привода насоса

$$N_n = 10 \cdot Q \cdot p / 102 \cdot \eta_m \cdot \eta_n, \text{ Вт}$$

где η_m – коэффициент соответственно подачи насоса и полезного действия, $\eta_m = 0,8$

p – давление масла.

3 Определяется поверхность нагрева маслоохладителя

$$F = \theta / K \cdot \Delta T_{cp}, \text{ м}^2$$

где K – коэффициент теплопередачи от масла к воде через стенку трубок,

ΔT_{cp} – средняя логарифмическая разность температур между маслом и водой, зависящая от направления движения жидкости,

θ – количество теплоты, передаваемое от масла к охлаждающей воде в секунду,

$$\theta = V_m \cdot c_m \cdot \rho_m \cdot (T'_m - T''_m), \text{ Дж/с}$$

где V_m – объемный секундный расход масла через охладитель, м³/с,

c_m – теплоемкость масла, $c_m = 2,07$ Дж/(кг · К) ([13], стр. 103, табл. 30),

ρ_m – плотность масла, $\rho_m = 886,5$ кг/м³, (см [13], стр. 103, табл. 30),

T'_m, T''_m – температура на входе и выходе из охладителя, ([13], стр. 103, табл. 30),

4 Определяется логарифмическая разность температур (температурный напор)

$$\Delta T_{cp} = (\tau_{\delta} - \tau_m) / (2,3 \lg(\tau_{\delta} / \tau_m)),$$

где τ_{δ} – большая разность температур, ([13], стр. 102),

τ_m – меньшая разность температур, ([13], стр. 102)

5 Определяется коэффициент теплопередачи от масла к охлаждающей воде через стенку трубы

$$K = 1 / (1/\alpha_1) + (\delta / \lambda) + (1 / \alpha_2),$$

где δ – толщина стенки трубы, ([13], стр. 106),

λ – коэффициент теплопроводности металла трубы, $\lambda = 0,133$ ([13], стр. 103)

α_1 – коэффициент теплоотдачи от масла к стенке, $\alpha_1 = 120$,

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воде, $\alpha_2 = 1300$ Вт / м³ К,

([13], стр. 103, табл. 30)

6 Определяется скорость движения масла в межтрубном пространстве

$$W_m = V_m / F_m,$$

где F_m – живое сечение для прохода масла,

$$F_m = \pi / 4 \cdot (D_k^2 - z \cdot d^2_{нар}),$$

где D_k – внутренний диаметр корпуса охладителя, 210 мм, ([13], стр. 105),

z – число трубок в пучке, ([13], стр. 105),

d – внутренний диаметр трубок, ([13], стр. 105),

Зная скорость масла и динамическую вязкость масла, можно определить коэффициент теплоотдачи от масла к стенке.

Состав газа и расчет физико – химических свойств

Таблица 10– Состав газа, физико-химические свойства компонентов

Газ	Химическая формула	Состав, %	Молекулярный состав, $A_i, d, ed.$	Молекулярная масса M_i , кг/моль	Плотность ρ_i , кг/м ³	Динамическая вязкость, μ_i , Па · с	Критическая температура, $T_{кр_i}$, К	Критическое давление $P_{кр_i}$, Па (МПа)	Газовая постоянная R_i
Метан	CH ₄			16,043	0,717	10,3	521	190,7	4,7
Этан	C ₂ H ₆			30,07	1,344	8,3	278	306,2	4,9
Пропан	C ₃ H ₈			44,097	1,967	7,5	189	369,8	4,3
Бутан	C ₄ H ₁₀			58,124	2,598	6,9	143	425,2	3,8
Пентан	C ₅ H ₁₂			44,011	1,977	13,8	189	304,0	7,54
Гексан	C ₆ H ₁₄			28,016	1,251	16,6	297	125,9	3,46
Диоксид углерода	CO ₂			34,082	1,539	11,7	245	373,4	9,18
Азот и редкие	N ₂ +R			16,043	0,717	10,3	521	190,7	4,7
Серо водород	H ₂ S			30,07	1,344	8,3	278	306,2	4,9

Физико-химические свойства компонентов газовой находят по справочникам ([1], стр. 216-218, [35], стр. 7-8, табл. 1.6, стр. 10, табл. 1.8; [22], стр.8-9, табл.3; [21], стр. 7, табл.1; [28],стр.16,табл.1).

1 Расчет физико - химических параметров газа

1.1 Определяется молекулярная масса газа

Молекулярная масса газа – это сумма атомных масс атомов, входящих в молекулу газа. Масса газа в килограммах, численно равная его молекулярной массе, называется киломолем.

Молекулярная масса газовой смеси

$$M = \sum a_i \cdot M_i = a_1 \cdot M_1 + a_2 \cdot M_2 + \dots + a_n \cdot M_n, \text{ кг / моль,}$$

где a_i – молекулярный состав газовой смеси, доли единицы;

M_i – молекулярная масса компонентов, кг / моль

1.2 Определяется плотность газа

Плотность газа – это масса газа, содержащаяся в единице объема.

Плотность газовой смеси

$$\rho = \sum a_i \cdot \rho_i = a_1 \cdot \rho_1 + a_2 \cdot \rho_2 + \dots + a_n \cdot \rho_n, \text{ кг / м}^3,$$

где ρ_i – плотность компонентов, кг/м³.

Плотность газа при 0°С и известном значении молекулярной массы

$$\rho_0 = M / 22,414 = 0,0446 \cdot M, \text{ кг/м}^3,$$

где 22,414 – объем 1 киломоля газа при нормальных условиях, м³.

Плотность газа при любых абсолютных давлении p и температуре T

$$\rho = \rho_0 \cdot p \cdot T_0 \cdot z_0 / (p_0 \cdot T \cdot z), \text{ кг/м}^3,$$

где T_0, p_0 – нормальные температура и давление, К и Па (МПа),

z_0, z – коэффициенты сжимаемости газа при нормальных условиях и при температуре T и давлении p

В общем случае пересчет плотности на любые температуру и давление производится по формуле

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot p_2 \cdot T_1 \cdot z_1 / (p_1 \cdot T_2 \cdot z_2), \text{ кг/м}^3,$$

где p_1, p_2 – абсолютные давления газа, Па (МПа);

T_1, T_2 – абсолютные температуры газа, К;

z_1, z_2 – коэффициенты сжимаемости газа при p_1, T_1 и при p_2, T_2 .

Относительная плотность газа – это отношение плотности газа к плотности воздуха при одинаковых условиях

$$\Delta = \rho / \rho_{\text{в}},$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность сухого воздуха, кг/м³

1.3 Определяется вязкость газа

Вязкость – это свойство газа оказывать сопротивление сдвигающим усилиям, возникающим в результате сил трения между слоями движущегося газа.

Динамическая вязкость газовой смеси в приближенных расчетах (а при содержании более 96 % метана в газовой смеси более точно)

$$\mu = \sum a_i \cdot \mu_i = a_1 \cdot \mu_1 + a_2 \cdot \mu_2 + \dots + a_n \cdot \mu_n, \text{ Па} \cdot \text{с},$$

где μ_i – динамическая вязкость компонентов, Па · с

Динамическая вязкость при любой температуре T определяется по формуле Сёзерленда

$$\mu_T = \mu_0 \cdot (273 + C) \cdot (T / 273)^{3/2} / (T + C), \text{ Па} \cdot \text{с}$$

где μ_0 – динамическая вязкость при 0°C , Па · с;

T – абсолютная температура газа, К;

C – постоянная Сёзерленда ([5], стр. 217)

Динамическую вязкость определяют по эмпирической формуле (обычно при 20°C)

$$\mu_T = \sum a_i \cdot \mu_i \cdot \sqrt{M_i \cdot T_{\text{кри}}} / (\sum a_i \cdot \sqrt{M_i \cdot T_{\text{кри}}}), \text{ Па} \cdot \text{с},$$

где $T_{\text{кри}}$ – критическая температура компонентов, К

Для кинематической вязкости

$$1 / \nu_t = \sum (a_i / \nu_{it}), 1/(\text{м}^2/\text{с})$$

Кинематическая вязкость при температурах от -10 до $+40^\circ \text{C}$

$$\nu_t = \nu_{20} \cdot [1 + 0,006(t - 20)], \text{ м}^2/\text{с}$$

где ν_{20} и ν_t – кинематическая вязкость при 20°C и $0,1$ МПа и при температуре t .

При известной динамической вязкости кинематическая может быть определена из формулы

$$\nu = \mu / \rho, \text{ м}^2/\text{с}$$

1.4 Определяется газовая постоянная газовой смеси

$$R = \sum a_i \cdot R_i = a_1 \cdot R_1 + a_2 \cdot R_2 + \dots + a_n \cdot R_n, \text{ Дж/кг} \cdot \text{град},$$

где R_i – газовая постоянная компонентов, Дж/кг · град.

Кроме того,

$$R = R / M, \text{ Дж/кг} \cdot \text{град},$$

где R- универсальная газовая постоянная, $R = 8314 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$

1.5 Определяется критическая температура газа

Критической температурой называют такую температуру, выше которой ни при каком повышении давления нельзя сконденсировать пар (перевести в жидкое состояние).

Критическая температура газовой смеси

$$T_{кр} = \sum a_i \cdot T_{кри} = a_1 \cdot T_{кр1} + a_2 \cdot T_{кр2} + \dots + a_n \cdot T_{крn}, \text{ К,}$$

где $T_{кри}$ – критическая температура компонента, К .

Определяется критическое давление газа

Критическим давлением называют такое давление, выше которого нельзя испарить жидкость ни при каком повышении температуры.

Критическое давление газовой смеси

$$p_{кр} = \sum a_i \cdot p_{кри} = a_1 \cdot p_{кр1} + a_2 \cdot p_{кр2} + \dots + a_n \cdot p_{крn}, \text{ Па,}$$

где $p_{кри}$ – критическое давление компонента, Па (МПа)

2 *Определение коэффициента сжимаемости газа*

Сжимаемость газа характеризуется коэффициентом, учитывающим отклонение реальных газов от законов идеального газа.

2.1 Определяется приведенная температура газа

$$T_{пр} = T_{ср} / T_{кр} ,$$

где $T_{ср}$ – средняя температура газа, К

2.2 Определяется приведенное давление газа

$$p_{пр} = p_{ср} / p_{кр} ,$$

где $p_{ср}$ – среднее давление газа, Па (МПа).

2.3 Определяется коэффициент сжимаемости газа $z = f(T_{пр}, p_{пр})$ по номограмме в зависимости от приведенных температуры и давления ([1], стр. 216, рис. 10.1.; [35], стр. 22, рис. 1.2; [27], стр. 107, рис. 43; [32], стр.34,рис.3.3).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Основная

1. Бунчук В.А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. – М.: Недра, 1977
2. Галеев В.Б., Карпачев М.З., Харламенко В.И. Магистральные нефтепродуктопроводы. – М.: Недра, 1988
3. Дятлов В.А., Михайлов В.М. Оборудование, эксплуатация и ремонт магистральных газопроводов. – М.: Недра, 1990
4. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов, - М.: Недра, 1988
5. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов.- М.: Недра, 1989
6. Петров В.Е. Машинист технологических насосов на нефтеперекачивающих станциях. – М.: Недра 1992
7. Рафиков Л.Г., Иванов В.А. Эксплуатация газомотокомпрессорного оборудования компрессорной станции. – М.: Недра, 1992
8. Рахмилевич З.З. Компрессорные установки. – М.: Недра, 1966
9. Справочник работника магистрального газопровода./Нечаев М.А., Васильев Л.Д., Котляр И.Я., Тихомиров Е.Н. – Л.: Недра, 1974
10. Справочник работника магистрального газопровода. /Васильев Л.Д., Котляр И.Я., Нечаев М.А., Тихомиров Е.Н. – Л.: Недра, 1974
11. Суринович В.К., Борщенко Л.И. Машинист технологических компрессоров. – М.: Недра, 1986
12. Храпач Г.К. Эксплуатация компрессорных установок. – М.: Недра, 1972
13. Храпач Г.К. Монтаж и ремонт компрессоров. – М.: Недра, 1983
14. Харламенко В.И., Голуб М.В. Эксплуатация насосов магистральных нефтепродуктопроводов. – М.: Недра, 1978
15. Галеев В.Б., Сощенко Е.М., Черняев Д.А. Ремонт магистральных трубопроводов и оборудования нефтеперекачивающих станций. – М.: Недра, 1968

16. Эксплуатация и ремонт газовых двигателей и газомотокомпрессоров. /Муталибов А.А., Гольдфильд М.Л., Рахметов Б.Б., Шафеев Р.Г. – Л.: Недра, 1973

Дополнительная

17. Газовое оборудование, приборы и арматура. Справочное пособие. – М.: Недра, 1985

18. Гурман Л.Н. Подготовка газа северных газовых месторождений к дальнему транспорту. – Л.: Недра, 1980

19. Зарубежные газоперекачивающие агрегаты./Ермошкин А.Г., Радгик И.И., Федосеев В.В. и др. – М.: Недра, 1979

20. Моверман Г.С., Радгик И.И. Ремонт импортных газоперекачивающих агрегатов. – М.: Недра, 1986

21. Новоселов В.Ф., Гольянов А.И., Муфтахов Е.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации газопроводов. – М.: Недра, 1982

22. Подготовка газа к транспорту./Коротаяев Ю.П., Гвоздев Б.П., Грищенко А.И., Саркисян Л.М. – М.: Недра, 1973

23. Скворцов Л.С., Рачитский В.А., Ровенский В.Б. Компрессорные и насосные установки. – М.: Машиностроение, 1988

24. Сооружение и ремонт газонефтепроводов, газохранилищ и нефтебаз.//Алиев Р.А., Березина Н.В., Телегин Л.Г. и др. – М.: Недра, 1987

25. Панов Г.Е., Петряшин Л.Ф., Лысяный Г.Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1986

26. Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергия, 1988

27. Транспорт и хранение нефти и газа./Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Абузова Ф.Ф. – М.:
Недра, 1975

28. Арзунян А.С., Громов А.В., Матецкий И.И. Расчеты магистральных нефтегазопроводов и
нефтебаз.- М.: Недра, 1972

29. Справочник работника магистрального газопровода./С.Ф. Бармин. Л.:
Недра, 1974.

30. Эксплуатационнику магистральных газопроводов. Справочное пособие./А.В. Громов, Н.Е. Гузанов, Л.А. Хачикян и др. – М.: Недра, 1987.
- 31.Щекин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции.- Киев, 1962
- 32 Техника и технология транспорта и хранения нефти и газа / Ф.Ф.Абузова, Р.А.Алиев, В.Ф.Новосёлов и др. - М.: Недра, 1992.
- 33 Положение о планово-предупредительном ремонте технологического оборудования заводов, перерабатывающих нефтяной газ.- М.: ВНИИОЭНГ,1977 – 140 с.
- 34 Справочник по проектированию магистральных трубопроводов./А.К. Дерцакян. - Л.: Недра, 1977.
- 35 Коротчаев Ю.П., Ширковский А.И. Добыча, транспорт и подземное хранение газа. - М.: Недра, 1984.