

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                                                                       | 8  |
| 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС                                                                                                      | 10 |
| 1.1 Краткое описание системы теплоснабжения                                                                                    | 10 |
| 1.2 Технологическая схема                                                                                                      | 11 |
| 1.3 Выбор насоса                                                                                                               | 11 |
| 1.4 Основные параметры насоса                                                                                                  | 16 |
| 1.5 Регулирование потока                                                                                                       | 19 |
| 1.6 Датчик давления                                                                                                            | 20 |
| 2 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ                                                                                                              | 21 |
| 2.1 Проверка двигателя по мощности                                                                                             | 21 |
| 2.2 Расчёт основных параметров и характеристик асинхронного электродвигателя                                                   | 22 |
| 3 МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗМКНУТЫМ РОТОРОМ                                                                      | 30 |
| 3.1 Векторы токов, напряжений и потокоцеплений трёхфазной машины                                                               | 30 |
| 3.2 Потокоцепления трёхфазной машины                                                                                           | 33 |
| 3.3 Уравнения асинхронной машины в относительной системе единиц                                                                | 39 |
| 3.4 Имитационная модель линеаризованной модели асинхронного электродвигателя в программной среде MATLAB                        | 46 |
| 3.5 Динамические характеристики асинхронного электродвигателя при прямом пуске                                                 | 49 |
| 4 Выбор преобразователя частоты                                                                                                | 54 |
| 4.1 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА                              | 54 |
| 5 Статические характеристики Скалярного управления РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА                                         | 59 |
| 5.1 Регулирование скорости электропривода с помощью законов $U_{1\phi} / f_1 = \text{const}, U_{1\phi} / f_1^2 = \text{const}$ | 59 |

|                                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2 Регулирование скорости электропривода с помощью законов                                         |            |
| $U_{1\phi} / f_1 = \text{const}, U_{1\phi} / f_1^2 = \text{const}$ с I·R – компенсацией             | 64         |
| <b>6 Механическая система РЭП</b>                                                                   | <b>67</b>  |
| <b>6.1 КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА МЕХАНИЗМА</b>                                                           | <b>67</b>  |
| <b>6.2 РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ</b>                                           | <b>67</b>  |
| <b>7 ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ</b>                   | <b>71</b>  |
| 7.1 Динамические характеристики РЭП со скалярным управлением                                        | 78         |
| <b>8 ВЕКТОРНОЕ ЧАСТОТНО-ТОКОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЭП НАСОСА</b>                                           | <b>80</b>  |
| 8.1 Оптимальный структурно-параметрический синтез параметров регулятора контура потока              | 82         |
| 8.2 Оптимальный структурно-параметрический синтез параметров регулятора контура потока              | 83         |
| 8.3 Оптимальный структурно-параметрический синтез параметров регулятора контура давления            | 84         |
| 8.4 Имитационная модель векторного частотно-токового управления РЭП насоса                          | 86         |
| 8.5 Динамические характеристики системы векторного частотно-токового управления                     | 90         |
| <b>9 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ВКР</b>                                                           | <b>91</b>  |
| 9.1 Введение                                                                                        | 91         |
| 9.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов                                              | 92         |
| 9.3 Техника безопасности, общие требования, требования, предъявляемые к безопасности электропривода | 93         |
| 9.4 Производственная санитария                                                                      | 106        |
| 9.5 Пожарная безопасность                                                                           | 107        |
| 9.6 Охрана окружающей среды                                                                         | 109        |
| <b>10 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ВКР</b>                                                                   | <b>110</b> |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1 Технико-экономическое обоснование применения<br>регулируемого электропривода | 110 |
| 10.2 Структура пусконаладочных работ                                              | 13  |
| 10.3 Определение сметной стоимости пусконаладочных работ                          | 14  |
| 10.4 Локальная смета затрат на проведение ПНР                                     | 17  |
| 10.5 Распределение и график проведения ПНР                                        | 17  |
| 10.6 Выбор формы и системы оплаты труда                                           | 20  |
| 10.7 Договор на проведение ПНР                                                    | 23  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ                                                                        | 24  |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматические системы пожаротушения служат для быстрого реагирования на признаки возгорания и предотвращения пожара. Их можно сравнить с пожарной командой, постоянно находящейся на объекте. Автоматические системы пожаротушения могут быть установлены практически в любом помещении. Наиболее актуальными местами размещения подобных систем являются большие стоянки закрытого типа, серверные комнаты, производственные помещения, где существует возможность возгорания в ходе процесса производства, архивы документов и т. д.

Целью применения автоматических установок пожаротушения является локализация и тушение очагов возгорания, сохранение жизней людей и животных, а также недвижимого и движимого имущества. Использование подобных средств является наиболее эффективным методом борьбы с пожарами. В отличие от ручных средств пожаротушения и систем сигнализации, они создают все необходимые условия для результативной и оперативной локализации пожаров с минимальным риском для здоровья и жизни.

Обычно системы автоматического тушения классифицируют по применяемому огнетушащему веществу. По этому основанию выделяют следующие типы установок: водяные, порошковые, газовые, пенные, аэрозольные.

Задачей выпускной квалификационной работы является проектирование автоматизированного электропривода водяной установки пожаротушения.

Водяные установки бывают спринклерные и дренчерные. Спринклерные установки предназначены для локального тушения очагов пожара в быстровозгораемых помещениях, например, деревянных, а дренчерные — для тушения пожара сразу на всей территории объекта.

В спринклерных системах тушения ороситель (спринклер) монтируется в трубопровод, заполненный водой, специальной пеной (если в помещении температура выше  $5^{\circ}\text{C}$ ) или воздухом (если в помещении температура ниже  $5^{\circ}\text{C}$ ). При этом огнетушащее вещество постоянно находится под давлением. Существуют комбинированные спринклерные системы, в которых подводящий трубопровод заполнен водой, а питающий и распределительный — могут заполняться воздухом или водой в зависимости от сезона. Ороситель закрыт тепловым замком, который представляет собой специальную колбу, рассчитанную на разгерметизацию при достижении определенной температуры окружающей среды.

После разгерметизации спринклера давление в трубопроводе становится меньше, благодаря чему открывается специальный клапан в узле управления. После этого вода устремляется к детектору, который фиксирует срабатывание и подает командный сигнал на включение насоса

Спринклерные системы пожаротушения служат для локального обнаружения и ликвидации очагов возгораний со срабатыванием противопожарной сигнализации, специальных систем оповещения, защиты от дыма, управления эвакуацией и предоставлением информации о местах возгорания. Срок эксплуатации не сработавших оросителей составляет десять

лет, сработавшие или поврежденные спринклеры подлежат полной замене. Во время проектирования трубопроводной сети ее делят на секции. Каждая из таких секций может обслуживать одно или сразу несколько помещений, а также может иметь отдельный узел управления противопожарной системой. За рабочее давление в трубопроводе отвечает автоматический насос.

Дренчерные автоматические системы пожаротушения (дренчерные завесы) отличаются от спринклерных тем, что в них отсутствуют тепловые замки. Также они отличаются большим расходом воды и возможностью одновременного срабатывания всех оросителей. Сопла оросителей бывают различных видов: струйными с высоким давлением, двухфазными газодинамическими, с распылением жидкости с помощью удара с дефлекторами или путем взаимодействия струй. При проектировании дренчерных завес учитываются: тип дренчера, предполагаемый напор, расстояние между оросителями и их количество, мощность насосов, диаметр трубопровода, объем резервуаров с жидкостью, высота установки дренчеров. Дренчерные завесы решают следующие задачи:

- локализация пожара;
- разбиение площадей на контролируемые секторы и недопущение распространения возгораний, а также вредных продуктов горения за пределы сектора;
- охлаждение технологического оборудования до приемлемых температур.

В последнее время широкое применение получили автоматические системы пожаротушения, использующие тонкораспыленную воду. Размер капель после распыления может достигать 150 микрон. Преимущество такой технологии состоит в более эффективном расходовании воды. В случае тушения возгораний при помощи обычных установок только третья часть от общего объема воды используется для ликвидации огня. Технология тушения мелкодисперсной водой создает водяной туман, устраняющий возгорание. Такая технология позволяет ликвидировать пожары с высокой степенью эффективности при рациональном расходе воды.

Система пожаротушения является важным звеном, обеспечивающим безопасную работу всего лесопромышленного комплекса, современная система управления асинхронным двигателем должна обеспечивать максимальную экономию электроэнергии, высокую точность регулирования частоты, оптимальный закон управления, иметь высокую надежность и невысокую стоимость. В связи с возрастающей стоимостью электроэнергии тема данного проекта является актуальной.

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЖАРНОЙ НАСОСНОЙ

## 1. 1 Основное и вспомогательное оборудование

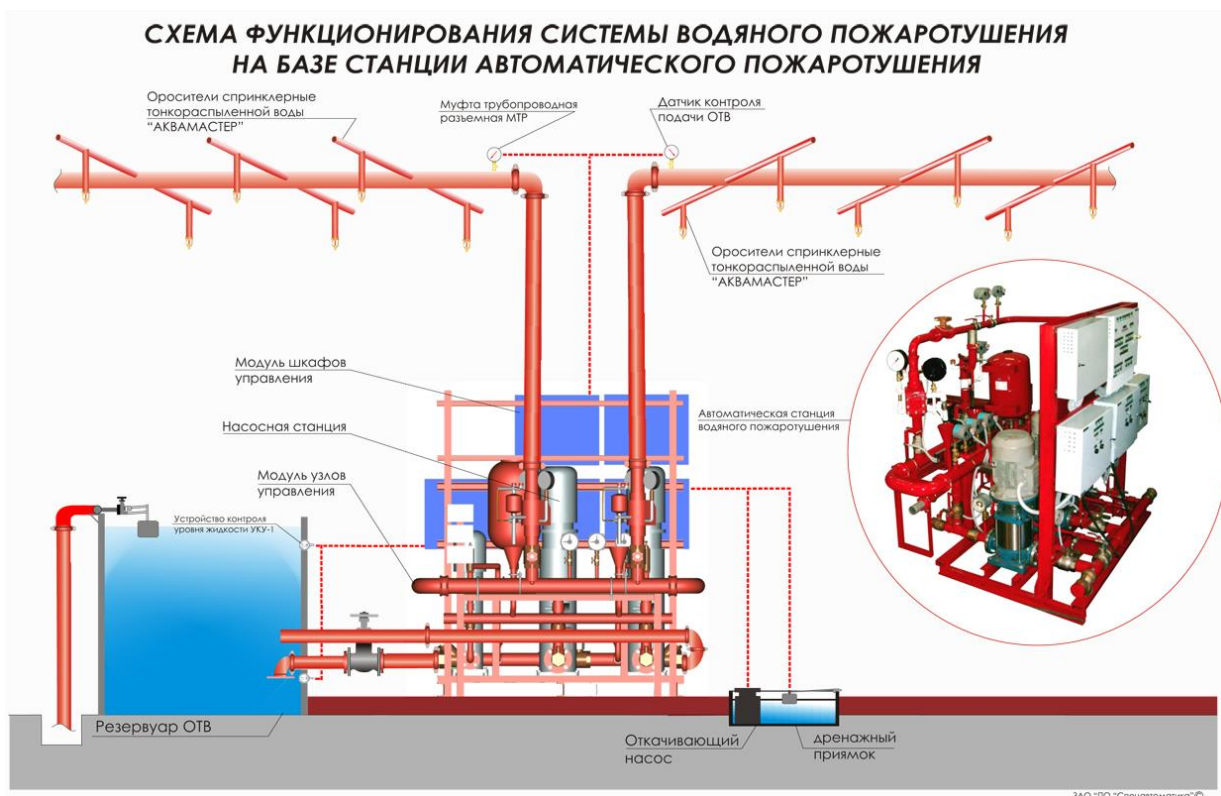


Рисунок 1.1 - Схема системы пожаротушения.

Производительность насосных установок принята из учета обеспечения расхода воды  $Q = 46,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В помещении насосной станции устанавливается следующее оборудование:

- спринклерный сигнальный клапан фирмы "VIKING"  $D_y = 80 \text{ мм}$ ;
- два консольный насоса К 80-65-160 (расход  $Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ , давление подачи  $P=0,63\text{МПа}$ , число оборотов  $n=2900(\text{об}/\text{мин})$ ).

В целях экономии электрической энергии и модернизации оборудования предлагается установить на насос автоматизированный электропривод выполненный по системы ПЧ – АД.

## 1.2 Описание насоса и его характеристики

Консольный насоса К 80-65-160.

Консольный насос К 80-65-160 - центробежный, одноступенчатый, стационарный, с осевым по горизонтали вводом перекачиваемой среды к рабочему колесу (далее р.к.).

Используют для перекачки воды (не морской), водных растворов, жидкостей, имеющих сходство с водой по основным физическим и химическим свойствам, в городских, промышленных системах водоснабжения, водоканалов, структурах ЖКХ и т.д.

Насосы К 80-65-160 перекачивает воду и жидкости со следующими показателями и параметрами: рН (кислотность воды): от 6 до 9; температура, °С: максимально 85; содержание твердых включений (объемное), %: максимум 0,1; диаметр включений, мм: максимально 0,2.

Конструктивно центробежный насос консольный К 80-65-160 одноступенчатый, горизонтальный, с осевым входом воды к р.к. Для осуществления привода применяется трехфазный асинхронный общепромышленный электродвигатель марки АИР112М2. Насосный агрегат устанавливается на общую фундаментную плиту (раму), электродвигатель и насосная часть связываются между собой упругой муфтой.

Детали проточной части, корпус изготовлены из чугуна. При помощи лап, имеющихся в корпусе производится крепление на плите (раме). Ротор вращается в подшипниковых опорах против часовой стрелки (если смотреть со стороны приводного двигателя).

Консольный насос К 80-65-160, для защиты от утечки жидкости, оснащается одинарным сальником ("С").

Утечка через сальниковое уплотнение не превышает 2 л/час. ДКЗ (допускаемый кавитационный запас) максимальный 4,0 м. Давление на входе не более 3,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Патрубки: входной ДУ 80, Ру 6; выходной ДУ 65, Ру 6, диаметр р.к. 160мм. КПД - 70%. Климатическое исполнение насоса К 80-65-160: У3 по ГОСТ 15150.

Внешний вид насоса представлен на рисунке 1.2., а его параметры в таблице 1.2.



Рисунок 1.2 – Внешний вид насоса типа К 80-65-160

Таблица 1.2 – Технические параметры насоса типа К 80-65-160

| №<br>с/н | Марка<br>насоса | Произ в м <sup>3</sup> | Напор<br>М.в.ст | Мощн<br>эл.двиг.,кВт | Число<br>об.в мин | Марка<br>Эл.двиг. | Диам<br>раб.колеса |
|----------|-----------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 1        | К 80-65-160     | 50                     | 32              | 7,5                  | 2900              | АИР112М2          | 160                |

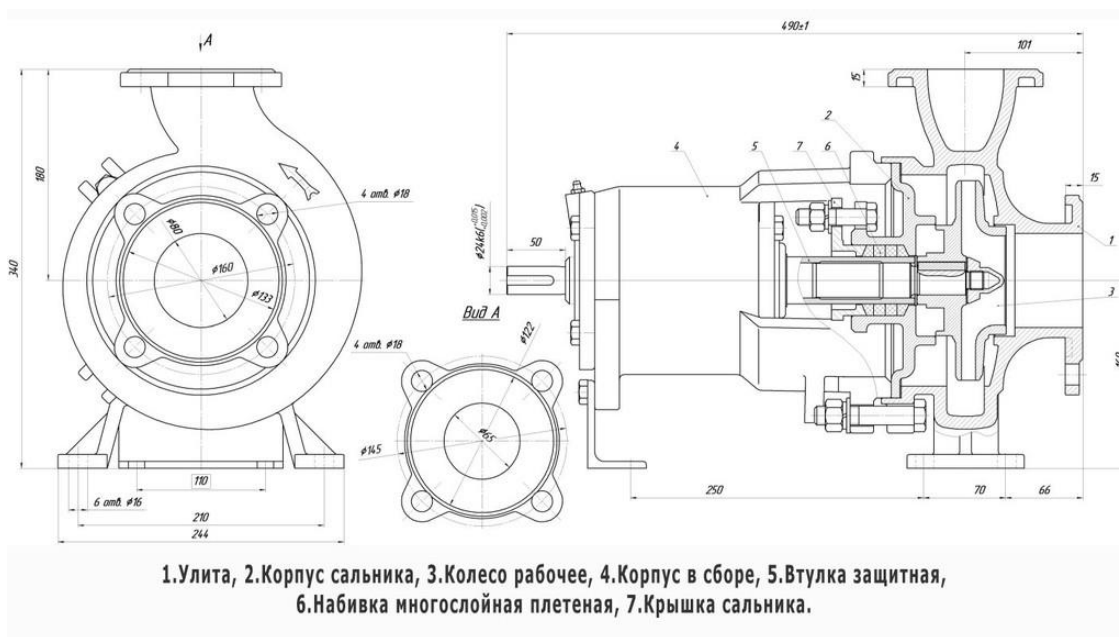


Рисунок 1.3 – Вид насоса в разрезе

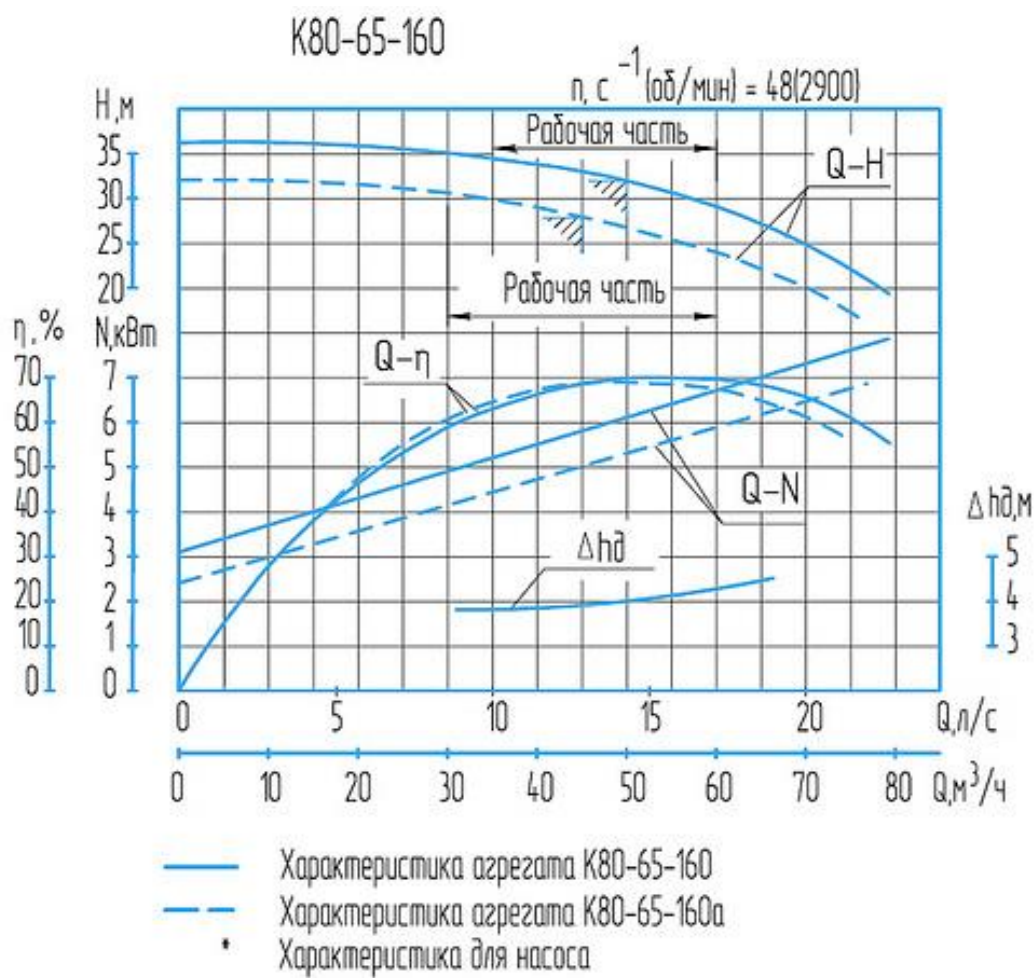


Рисунок 1.4 – Механические характеристики насоса К 80-65-160

## 2 ВЫБОР И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ-АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

### 2.1 Расчет параметров и характеристик асинхронного электродвигателя

В соответствии с техническими данными насоса, а также, согласно выбранной системы электропривода, предварительно выбираем трехфазный асинхронный общепромышленный электродвигатель марки АИР112М2.

### 1.1.1 Паспортные данные электродвигателя

По данной величине и рекомендациям производителя насоса, выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР112М2.

Паспортные данные двигателя АИР112М2 приведены в таблице 2.1.

Паспортные данные электродвигателя приведены в таблице 2.1

| Тип      | P <sub>н</sub> , кВт | n,<br>об/мин | η, % | I <sub>н</sub> , А | I <sub>п</sub> /I <sub>н</sub> | M <sub>п</sub> /M <sub>н</sub> | M <sub>м</sub> /M <sub>н</sub> | M.ин.,<br>кг*м2 | cosφ | M <sub>н</sub> | S <sub>н,о,е</sub> |
|----------|----------------------|--------------|------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|------|----------------|--------------------|
| АИР112М2 | 7,5                  | 2890         | 87   | 15                 | 7,5                            | 2.2                            | 2,5                            | 0,0185          | 0.91 | 24,7           | 0,013              |

Общепромышленный асинхронный электродвигатель АИР112М2 изготавливается на напряжение 380В (три клеммы в коробке выводов) или 220/380В (шесть клемм). Климатического исполнения У, категории размещения 2 (эксплуатация под навесом, отсутствие прямого воздействия осадков и солнечного излучения), или 3 (эксплуатация в закрытых помещениях без регулирования климатических условий), режим работы - продолжительный, S1 (работа эл-двигателя при постоянной нагрузке длительное время для достижения неизменной температуры всех его частей), степень защиты - IP54, 55 (содержание нетокопроводящей пыли в воздухе до 100 мг/м<sup>3</sup>, двигатель защищен от брызг воды со всех направлений).

Изготовление электродвигателей с повышенным скольжением, двумя концами вала, встроенными термодатчиками, повышенной точности и другие специальные исполнения, производится под заказ.

Монтажное исполнение двигателей: на лапах (IM 1081, 1001, 1011) фланцевые (IM 3081, 3001, 3011) или фланцевые недоступные с обратной стороны (IM 3681) комбинированные, лапы+фланец (IM 2081, 2001, 2011). Исполнение IM\*\*81 подразумевает горизонтальное или вертикальное (рабочим концом вала вниз) расположение двигателя.



Рисунок 2.1 – Внешний вид электродвигателя АИР112М2

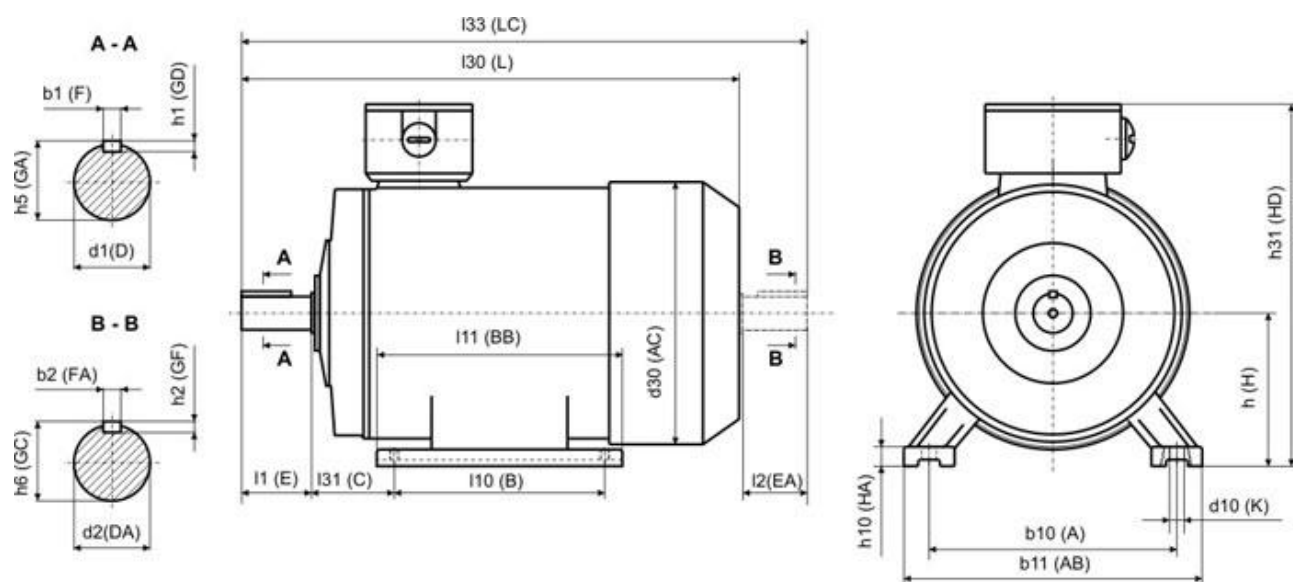


Рисунок 2.2 – габаритный чертеж электродвигателя исполнение IM1081 (1082)

## Рисунок 2.8 - Внешний вид преобразователя частоты Веспер EI-P7012-010H

Преобразователи насосной серии. Используется для управления приводами с переменной нагрузкой насосного типа. Новую модель Веспер EI-P7012-010H выгодно отличают от EI-P7012 расширенный функционал, меньшие массогабаритные характеристики, расширенный диапазон мощностей. Благодаря использованию при производстве преобразователя частоты Веспер EI-P7012-010H последнего поколения IGBT-транзисторов, он удовлетворяет самым жестким требованиям по поддержанию заданной частоты вращения привода.

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ВКР

#### **10.1 Технико-экономическое обоснование применения регулируемого электропривода**

Возможность повышения эффективности использования электроэнергии всегда рассматривалась не только как задача рационального использования ресурсов. Во всём мире задачи энергосбережения являются основой в программах сохранения экологии. В России данный вопрос имеет свою специфику, связанную не столько с экологией, сколько с относительной бедностью большинства промышленных предприятий. Президентские, губернаторские и прочие программы по энергосбережению затрагивают лишь вновь строящиеся объекты, а их пока немного. Реформирование по отраслям как всегда не находит должного финансирования. На сегодняшний день громадным стимулом для реализации вопросов энергосбережения может стать новый пакет из шести законов по реформе электроэнергетики, принятый Государственной Думой. В его рамках предполагается в 2,2-2,5 раза увеличить тарифы на электроэнергию.

Электроприводы насосов, вентиляторов, компрессоров потребляют не менее 20-25% всей вырабатываемой электроэнергии. В подавляющем большинстве случаев электроприводы указанных механизмов являются нерегулируемыми, что не позволяет обеспечить режим рационального энергопотребления и расхода воды, пара, воздуха и т.д. при изменении технологических потребностей в широких пределах.

Характерным примером таких механизмов являются насосные станции систем отопления жилых и промышленных зданий. Существующие системы теплоснабжения с нерегулируемым электроприводом не обеспечивают заметного снижения потребляемой мощности, увеличивают эксплуатационные затраты во время профилактических весенних работ, уменьшают срок службы магистральных теплосетей. Возможность изменения скорости насоса связана с разными сроками выхода промышленных предприятий и жилых районов из отопительного сезона.

Характеристики насоса и трубопроводной сети изображены на рисунке 44. Они иллюстрируют возможность снижения потребления электроэнергии с помощью регулирования скорости насоса в сравнении с регулированием сопротивления магистрали двухходовым клапаном. Характеристика 1 соответствует работе насоса с номинальным расходом и напором. Точка А получена пересечением характеристики насоса 1 с характеристикой магистрали 3. При этом двигатель насоса работает с номинальной скоростью. Допустим, по текущему графику теплопотребления среднее значение расхода теплоносителя составляет 75% от номинального. Возможны два случая снижения расхода теплоносителя от номинального значения: в первом случае при неизменной скорости двигателя насоса регулирование расхода идёт за счёт изменения сопротивления магистрали двухходовым клапаном. Данному режиму

соответствует переход из точки А в точку В. Как следует из диаграммы, переход в новую точку сопровождается существенным повышением напора.

Во втором случае, используя регулирование скорости насоса электроприводом, получаем переход из точки А в точку С. При этом величина напора также уменьшается. По выражению (2.1) без учёта значительного изменения КПД насоса можно отметить снижение потребляемой мощности по сравнению с первым случаем в  $N$  раз, равное отношению напоров в точках В и С:

$$N = \frac{H_1}{H_2}, \quad (10.1)$$

где  $H_1$  – напор теплоносителя в случае снижения расхода клапаном;  $H_2$  – напор теплоносителя при регулировании расхода изменением скорости насоса.

$$P' = N \cdot P'', \quad (10.2)$$

где  $P'$ ,  $P''$  – потребляемые мощности в случаях регулирования расхода теплоносителя клапаном и изменением скорости насоса соответственно.

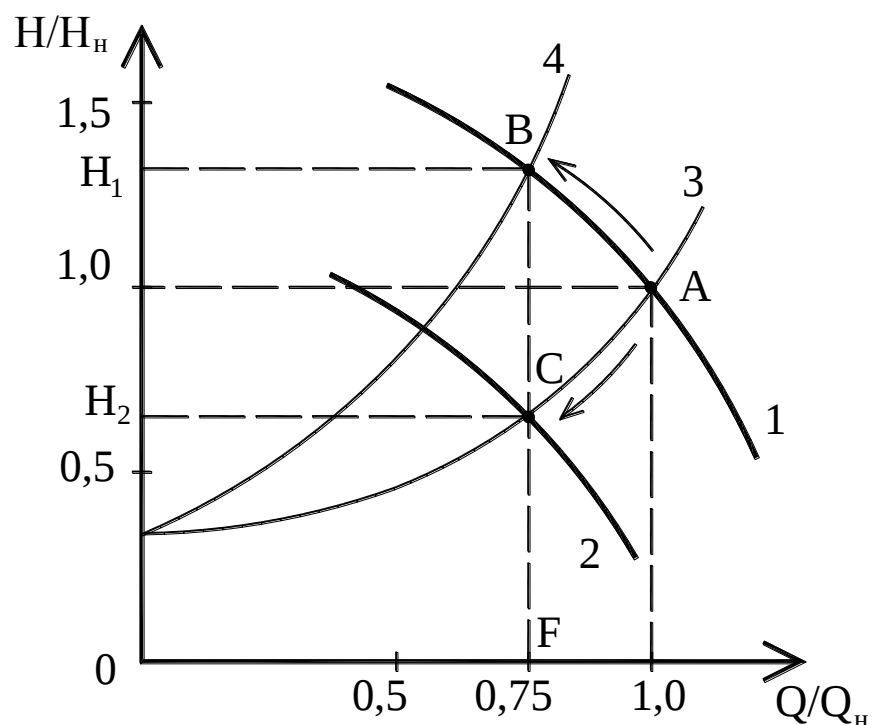


Рисунок 44. Характеристики насоса и магистрали

В рекламных проспектах ряда отечественных и зарубежных фирм указывается, что применение регулируемого электропривода в насосных установках позволяет сэкономить до 50 % энергии, расходуемой на перекачку теплоносителя, а срок окупаемости в условиях сибирского региона составляет около двух лет. Реальная экономия электроэнергии, обусловленная применением регулируемого электропривода в системах автоматизированного управления насосными установками, составляет 5-15 %, в отдельных случаях – 20-30 %.

Во многих случаях большая часть величины сэкономленной энергии обеспечивается приведением в соответствие характеристик насоса и магистрали. При этом реально следует иметь ввиду весь комплекс снижения затрат – от снижения расхода воды за счёт оптимизации давления на выходе насоса, до увеличения ресурса насоса и трубопровода за счёт снижения

механических и гидравлических нагрузок, как во время пуска и останова, так и во время стабильной работы. В нерегулируемом приводе насос пускается при минимальной нагрузке. Данный режим обеспечивается закрытием заслонки, отсекающей нагрузку от насоса. Далее насос выводится на рабочую точку постепенным открытием заслонки. С учётом нестабильности питающего напряжения отечественных электросетей возможны его кратковременные провалы. При отсутствии заслонки, в момент пуска двигателя насоса не удаётся избежать гидравлических ударов в сети трубопроводов. Квадратичная зависимость электромагнитного момента асинхронного двигателя от питающего напряжения определяет возможный останов двигателя уже при небольшом снижении напряжения. В результате при повторном запуске необходимо вновь закрывать заслонку и снова выводить насос на рабочую точку. Эти мероприятия увеличивают затраты на эксплуатацию и становятся вовсе бесполезными при частых и продолжительных провалах напряжения. Кроме того, из опыта эксплуатации нерегулируемого электропривода можно отметить регулярные аварии на магистрали, связанные с порывами. Стоимость ликвидации последствий одной такой аварий соизмерима со стоимостью преобразователя частоты со всеми пусконаладочными работами.

Данный раздел дипломного проекта посвящён анализу проведения бригадой пусконаладочных работ (ПНР) регулируемого электропривода магистрального насоса системы теплоснабжения. Пусконаладочные работы при монтаже электроприводов и их установке являются завершающей стадией процесса строительно-монтажных работ. Качество проведения ПНР определяет бесперебойность работы, безопасность в обслуживании оборудования, максимальное энергосбережение.

## 10.2 Структура пусконаладочных работ

Структуру пусконаладочных работ определяем исходя из сложности серийно-выпускаемых, освоенных промышленностью электротехнических устройств в соответствии с требованиями СНиП «Организация, производство и приемка работ», с требованиями «Правил устройства электроустановок», а также исходя из технических условий на изготовление и поставку электротехнических устройств.

Полный комплекс пусконаладочных работ включает в себя:

1. Подготовительные работы;
  - 1.1. Организационная и инженерная подготовка работ;
  - 1.2. Изучение электрической части проекта и ознакомление с технической документацией предприятия-изготовителя оборудования;
  - 1.3. Подготовка парка приборов и приспособлений, а также программ наладки и комплекса форм протоколов;
2. Монтажные работы, проводимые до индивидуальных испытаний насосного агрегата;
  - 2.1. Внешний осмотр электрооборудования на предмет соответствия проекту;
  - 2.2. Установка электрооборудования, сборка силовых цепей электропривода;
  - 2.3. Установка датчика давления;
  - 2.4. Сборка схемы сигнализации;
3. Наладка электрооборудования под напряжением;
  - 3.1. Снятие и настройка необходимых характеристик и сопоставление их с расчетными данными проекта;
  - 3.2. Испытание и наладка системы РЭП насосного агрегата вхолостую и под нагрузкой;
4. Обеспечение на электроустановке электрических параметров и режимов, предусмотренных проектом, а также обеспечение устойчивой работы в эксплуатационных режимах;
  - 4.1. Оформление отчетной и приемно-сдаточной документации;
  - 4.2. Оформление в одном экземпляре протоколов пусконаладочных

работ и испытаний электропривода;

4.3 Внесение в один экземпляр принципиальных схем проекта, данных измерений, выполненных в процессе пусконаладочных работ.

### 10.3 Определение сметной стоимости пусконаладочных работ

Стоимость пусконаладочных работ для электронасосного агрегата исчисляется суммированием затрат на работу со следующим электрооборудованием:

- преобразователь частоты;
- электродвигатель;
- защитная аппаратура;
- датчик давления.

Цены на пусконаладочные работы содержат только основную заработную плату пусконаладочного персонала, рассчитанную на основе тарифных ставок и среднемесячных должностных окладов, без премий.

При выполнении пусконаладочных работ в условиях, снижающих производительность труда, к ценам следует добавить следующие коэффициенты:

- выполнение пусконаладочных работ с надбавкой в размере районного коэффициента –  $K_1=1,3$ ;
- надбавка к ценам пусконаладочных работ при работающем оборудовании –  $K_2=1,1$ ;
- надбавка к ценам пусконаладочных работ в установках находящихся под напряжением –  $K_3=1,3$ ;
- реальная стоимость ПНР с учётом коэффициента индексации цен –  $K_4=10$ .

Базисную стоимость пусконаладочных работ определяем на основании усреднённых расценок монтажных организаций и сервисных центров города Томска для электрооборудования. Величины расценок приведены в таблице 6.

Таблица 6. Нормативная стоимость ПНР

| № | № позиции ценника | Наименование и техническая характеристика оборудования                                                        | Ед. измерения | Количество | Стоимость, руб. |       |
|---|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|-----------------|-------|
|   |                   |                                                                                                               |               |            | ед.             | сумма |
| I | II                | III                                                                                                           | IV            | V          | VI              | VII   |
| 1 | 1-877             | Преобразователь частоты                                                                                       | шт.           | 1          | 243             | 243   |
| 2 | 1-810             | Асинхронный электродвигатель до 1000 В                                                                        | шт.           | 1          | 3,6             | 3,6   |
| 3 | 1-1025            | Контур регулирования одного параметра в системе автоматического регулирования с числом органов настройки до 5 | шт.           | 1          | 119             | 119   |

Таблица 6. Продолжение

| I | II     | III                                                                                                 | IV  | V | VI | VII |
|---|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|----|-----|
|   | 1-945  | Датчик давления с числом вход-выход до 3                                                            | шт. | 1 | 11 | 11  |
| 5 | 1-203  | Выключатель трехполюсный с электромагнитным, тепловым или комбинированным расцепителем, свыше 200 А | шт. | 1 | 3  | 3   |
| 6 | 1-1059 | Схема сигнализации с применением                                                                    | шт. | 1 | 7  | 7   |

|   |        |                                                                       |            |    |      |       |
|---|--------|-----------------------------------------------------------------------|------------|----|------|-------|
|   |        | полупроводниковых<br>элементов с количеством<br>входных сигналов до 5 |            |    |      |       |
| 7 | 1-1249 | Снятие основных<br>характеристик                                      | хар-<br>ки | 25 | 10,4 | 260   |
|   |        | Итого                                                                 | —          | —  | —    | 646,6 |

Общая базисная стоимость пусконаладочных работ на основании приведенных расценок:

$$C_{\text{ПНР}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot C_{\Sigma} = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 10 \cdot 646,6 = 12020,3 \text{ руб.}$$

При выборе состава и численности бригады следует руководствоваться условиями:

- бригада не должна быть специализированной, т.е. состоять из рабочих разных профессий, выполняющих технологически разные работы;
- работа сменная – в одну смену;
- техникой безопасности запрещено производить работы на оборудовании под напряжением менее чем двум человекам.

Из вышеперечисленного следует приблизительный состав бригады:

1. Старший инженер-наладчик систем автоматического регулирования не ниже VI разряда (бригадир);
2. Инженер-наладчик VI разряда (электромонтёр);
3. Инженер-наладчик водо-воздушного хозяйства не ниже V разряда
4. Сварщик V разряда

#### 10.4 Локальная смета затрат на проведение ПНР

Локальная смета затрат на проведение пусконаладочных работ включает в себя статьи, приведённые в таблице 7.

Таблица 7. Локальная смета затрат на проведение ПНР

| № п/п | Статья затрат    | Сумма, руб. | Примечание       |
|-------|------------------|-------------|------------------|
| 1     | Заработная плата | 12020,3     | $C_{\text{ПНР}}$ |

|   |                                                                                |          |             |
|---|--------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| 2 | Материалы, комплектующие изделия и спецоборудование                            | 3000     |             |
| 3 | Отчисления на социальные нужды:                                                | 4303,3   | 35,8 % ст.1 |
| 4 | Накладные расходы                                                              | 2404,1   | 20 % ст.1   |
| 5 | Услуги сторонних организаций<br>(выполнение разовых работ по консультированию) | —        | —           |
| 6 | Плановая прибыль                                                               | 1202,03  | 10 % ст.1   |
| 7 | Итого (договорная цена)                                                        | 22929,73 |             |

### 10.5 Распределение и график проведения ПНР

Распределение работ среди членов бригады производится бригадиром в соответствии с профессиональной специализацией каждого.

Продолжительность выполнения отдельных этапов работ определяется из профессионального опыта проведения аналогичных видов работ бригадой. Сроки исполнения и исполнители отдельных видов работ приведены в таблице.

На основе вышеперечисленных этапов и сроков их исполнения построим сетевой график ПНР с учётом распределения работ среди членов бригады.

Таблица 8. Распределение людей по работам с указанием времени

| Код и время работ, мин. | Наименование, характеристика ПНР  | Количество человек по работам |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 0-1/180                 | Подготовительные работы           | 4                             |
| 2-3/420                 | Преобразователь частоты до 1000 В | 2                             |

|          |                                                                                                               |   |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1-2/90   | Асинхронный электродвигатель до 1000 В                                                                        | 2 |
| 4-6/180  | Контур регулирования одного параметра в системе автоматического регулирования с числом органов настройки до 5 | 1 |
| 1-3/40   | Датчик давления с числом входов-выходов до 3                                                                  | 1 |
| 3-5-4/20 | Выключатель трехполюсный с электромагнитным, тепловым или комбинированным расцепителем, свыше 200 А           | 1 |
| 3-4/120  | Схема сигнализации с применением полупроводниковых элементов с количеством входных сигналов до 5              | 1 |
| 6-7/60   | Снятие основных характеристик                                                                                 | 3 |
| 7-8/60   | Оформление приёмо-сдаточной документации                                                                      | 2 |

Таблица 9.

| Код работ | Продолжительность этапа, мин. | Исполнители                                                 |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 0-1       | 180                           | Весь состав бригады                                         |
| 1-2       | 90                            | Бригадир, электромонтёр, сварщик                            |
| 1-3       | 40                            | Наладчик водо-воздушного хозяйства                          |
| 2-3       | 420                           | Бригадир, электромонтёр, сварщик                            |
| 3-4       | 120                           | Бригадир                                                    |
| 3-5       | 20                            | Электромонтёр                                               |
| 5-4       | 0                             | —                                                           |
| 4-6       | 180                           | Бригадир                                                    |
| 6-7       | 60                            | Бригадир, электромонтёр, наладчик водо-воздушного хозяйства |
| 7-8       | 60                            | Бригадир, наладчик водо-воздушного хозяйства                |

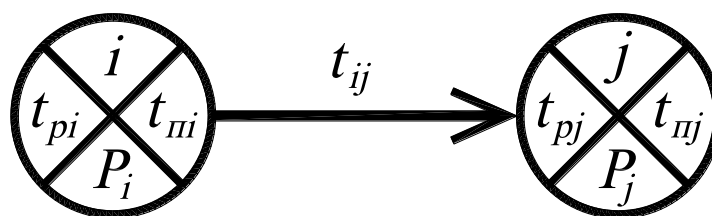


Рисунок 45. Пояснение для расчёта основных параметров сетевого графика работ

#### Расчет параметров сетевого графика

1. Определяем критический путь:

$L_{кр[0,1,2,3,5,6]} = 1110$  минут – максимальное время выполнения работ.

2. Раннее начало работ – наиболее ранний из возможных сроков наступления события, или срок, необходимый для выполнения всех предшествующих данному событию работ.

$$T_{рнij} = t_{pi},$$

где  $t_{pi}$  – ранний срок наступления события.

3. Ранний срок окончания работ:

$$T_{роij} = t_{pi} + t_{ij},$$

4. Поздний срок окончания работ:

$$T_{поij} = t_{пj},$$

где  $t_{пj}$  – поздний срок наступления события.

5. Поздний срок начала работ:

$$T_{пнij} = t_{пj} - t_{ij},$$

6. Полный резерв времени работ - максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не меняя продолжительности критического пути.

$$P_{пij} = T_{пнij} - T_{рнij},$$

5. Свободный резерв времени работ - максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность работы, или отсрочить её начало, не изменяя при этом ранних сроков начала следующих работ.

$$P_{cij} = t_{pj} - t_{pi} - t_{ij},$$

Результаты расчётов заносим в таблицу 10.

Таблица 10. Основные параметры сетевого графика

| Код работ | Временные характеристики работ, мин. |           |            |            |            |           |           |
|-----------|--------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
|           | $t_{ij}$                             | $T_{pij}$ | $T_{roij}$ | $T_{nnij}$ | $T_{poij}$ | $P_{pij}$ | $P_{cij}$ |
| 0-1       | 180                                  | 0         | 180        | 0          | 180        | 0         | 0         |
| 1-2       | 90                                   | 180       | 270        | 180        | 270        | 0         | 0         |
| 1-3       | 40                                   | 180       | 220        | 650        | 690        | 470       | 470       |
| 2-3       | 420                                  | 270       | 690        | 270        | 690        | 0         | 0         |
| 3-4       | 120                                  | 690       | 810        | 690        | 810        | 0         | 0         |
| 3-5       | 20                                   | 690       | 690        | 790        | 810        | 100       | 0         |
| 5-4       | 0                                    | 710       | 710        | 810        | 810        | 100       | 0         |
| 4-6       | 180                                  | 810       | 990        | 810        | 990        | 0         | 0         |
| 6-7       | 60                                   | 990       | 1050       | 990        | 1050       | 0         | 0         |
| 7-8       | 60                                   | 1050      | 1110       | 1050       | 1110       | 0         | 0         |

По расчётным данным строим сетевой график выполнения работ.

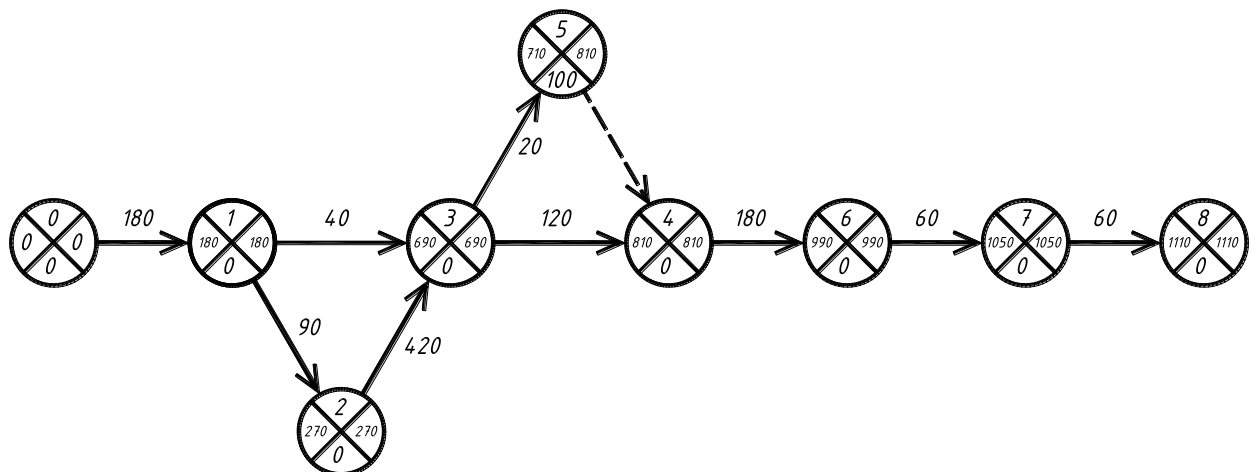


Рисунок 46. Сетевой график выполнения работ

## 10.6 Выбор формы и системы оплаты труда

Правильный выбор форм и систем оплаты труда является важным экономическим фактором стимулирования эффективности работы коллектива.

Принцип распределения в зависимости от качества и количества труда предполагает увязку системы заработной платы не только с качеством труда, но и с его количеством, т.е. производительностью труда. Мерой количества труда является отработанное рабочим время или выработанная им продукция. Установленные для отдельных категорий работников формы и системы оплаты труда должны материально заинтересовать рабочих в повышении количественных и качественных показателей работы.

На предприятиях применяются две формы оплаты труда – сдельная и повременная. Для бригады наладчиков наиболее эффективной является аккордная система оплаты, являющаяся разновидностью сдельной формы. При аккордной системе оплаты труда сдельная расценка – сумма аккордного наряда, устанавливается на значительный объем работ без установления норм и расценок на отдельные её элементы, при этом определяется срок окончания всей работы. Расчет с рабочими по аккордной системе производится после выполнения всего объема работ. Если выполнение аккордного задания требует значительного времени, то по аккордным нарядам выплачивается аванс за текущий месяц с учетом выполненного объема работы, а окончательный расчет производится после завершения всей работы.

Аккордная система является бригадной, суммарный заработок распределяется между членами бригады.

Аккордная система может сочетаться с выплатой премий за улучшение качества работы и сокращения сроков её выполнения.

Если договором предусматривается промежуточная оплата, руководствуются структурой пусконаладочных работ, приведенной в таблице 11.

Таблица 11.

| Этап | Состав ПНР | Стоимость ПНР в |
|------|------------|-----------------|
|------|------------|-----------------|

|   |                                                      | процентах от общей<br>сметной цены |
|---|------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Подготовительные работы                              | 5 %                                |
| 2 | Наладка, проводимая до пуска                         | 45 %                               |
| 3 | Наладка в период работы насоса                       | 35 %                               |
| 4 | Снятие характеристик                                 | 10 %                               |
| 5 | Оформление отчетной и приемно-сдаточной документации | 5 %                                |

На оплату труда пусконаладочной бригады выделяется сумма в размере 27513 руб., эта сумма распределяется среди членов бригады с учетом отработанных часов и квалификации работающего (коэффициент участия  $K_y$ ).

Часовая ставка каждого члена бригады без учета коэффициента участия составляет:

$$C_d = \frac{C_{\text{ПНР}}}{D \cdot K} = \frac{12020,3}{20 \cdot 4} = 150,3 \text{ руб.},$$

где  $D$  – срок выполнения работ;  $K$  – количество членов бригады;

Расчет распределения заработной платы с учетом коэффициента участия и отработанного времени приведен в таблице 12.

Таблица 12.

| Состав бригады | Разряд | Коэффициент участия $K_y$ |      | Часовая ставка, руб/чел.дн,<br>$C_{д1}=C_d \cdot K_y$ | Количество отработанных часов | Заработная плата, руб. |
|----------------|--------|---------------------------|------|-------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
|                |        | %                         | о.е. |                                                       |                               |                        |
| Бригадир       | VI     | 185                       | 1,85 | $150,3 \cdot 1,85=278,1$                              | 18,5                          | 5144,85                |
| Электромонтер  | VI     | 165                       | 1,65 | $150,3 \cdot 1,65=248$                                | 12,83                         | 3181,84                |

|                                                      |    |     |     |                           |      |         |
|------------------------------------------------------|----|-----|-----|---------------------------|------|---------|
| Наладчик<br>водо-<br>воздушн<br>ого<br>хозяйств<br>а | VI | 150 | 1,5 | $150,3 \cdot 1,5 = 225,5$ | 5,67 | 1278,59 |
| Сварщик                                              | V  | 140 | 1,4 | $150,3 \cdot 1,4 = 210$   | 11,5 | 2415,02 |
| Итого                                                |    |     |     |                           |      | 12020,3 |

### 10.7 Договор на проведение ПНР

Между исполнителем (подрядчиком) и заказчиком заключается договор на проведение пусконаладочных работ. В договоре оговариваются следующие пункты:

- Предмет договора.

Исполнитель принимает на себя обязательство проведения ПНР, с указанием сроков сдачи.

- Стоимость работ.

За выполнение ПНР заказчик перечисляет сумму в размере, оговоренном сторонами при заключении договора.

- Порядок сдачи и приемки работ.

В этом пункте оговаривается порядок сдачи и приемки работ с оформлением соответствующего акта, а также случаи пересмотра сроков и оплат.

- Ответственность сторон.

За невыполнение обязательств по договору исполнитель и заказчик несут имущественную и административную ответственность в соответствии с действующим законодательством.

- Прочие условия.
- Срок действия договора и юридические адреса сторон.

Составляется протокол «Соглашение о договорной цене на ПНР», который является основным документом для проведения взаимных расчетов и платежей между исполнителем и заказчиком.

.

## **Список использованных источников**

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Насосы с «сухим ротором»: GRUNDFOS КАТАЛОГ 2003, М.: Грундфос, 2003. 118 с.
2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ FLOWDRIVE™ FDU: Руководство по эксплуатации /Перевод от 12 апреля 2003 г., М.: АДЛ, 2003. 83 с.
3. Манотомь: Номенклатурный каталог изделий/Томск: 2002. 35 с.
4. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых электроприводах. – Чебоксары: 1998. 172 с.
5. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. – Спб.: 2001. 320 с.
6. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под ред. Елисеева и Шинянского. – М.: Энергоатомиздат: 1983. 616 с.
7. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат. 1982.
8. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
9. Гусяцкий Ю.М. Синтез быстродействующей системы частотно-управляемого асинхронного электропривода // Электричество. 1982. №10.
10. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1985.
11. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963.

12. Кривицкий С.О., Эпштейн И.И. Динамика частотно-регулируемых электроприводов с автономными инверторами. М: Энергия, 1970
13. Коррекция автоколебаний в системе преобразователь частоты – двигатель / Д.Д. Богаченко, А.А.Керимбаев // Электротехника, 1995, №1.
14. Безопасность жизнедеятельности./ Под ред. С.В. Белов. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
15. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник/ Под ред. А.Н.Баратова –М.: Энергия, 1987.
16. Правила устройства электроустановок, М.: Энергоатомиздат,1999.
17. Справочная книга по светотехнике./Под ред. Ю.Б.Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995. 205 с.
18. Структуры систем управления автоматизированным электроприводом. / Под ред. Галкина.- Минск: Наука и техника, 1978
19. Частотно-регулируемый электропривод (хроника научной работы) / А.В. Кудрявцев // Электротехника, 1995, № 9
20. Расчет УЗЗ, Методические указания, Б.А. Тихонов, А.Г. Дашковский Томск, изд. ТПУ, 1997. 12 с.
21. ГОСТ 12.1.005.-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
22. ГОСТ 12.3.003.-75 ССБТ. Работы электросварочные. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 17.0.0.04-90. Паспорт промышленного предприятия. Основные положения

24. СНИП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
25. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. Т.1.  
– М.: Высшая школа, 1996.
26. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник/ Под ред.  
А.Н.Баратова –М.: Энергия, 1987.