

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»**

Институт Электронной техники и машиностроения
Кафедра Технология и системы управления в машиностроении
Направление (специальность) 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
код, наименование

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Автоматическая система водоохлаждения на АЭС

Студент

Репин Анатолий Родионович

курс 4 группа б-АТППи41

Руководитель доцент, к.т.н., СЧС Добряков В.А.

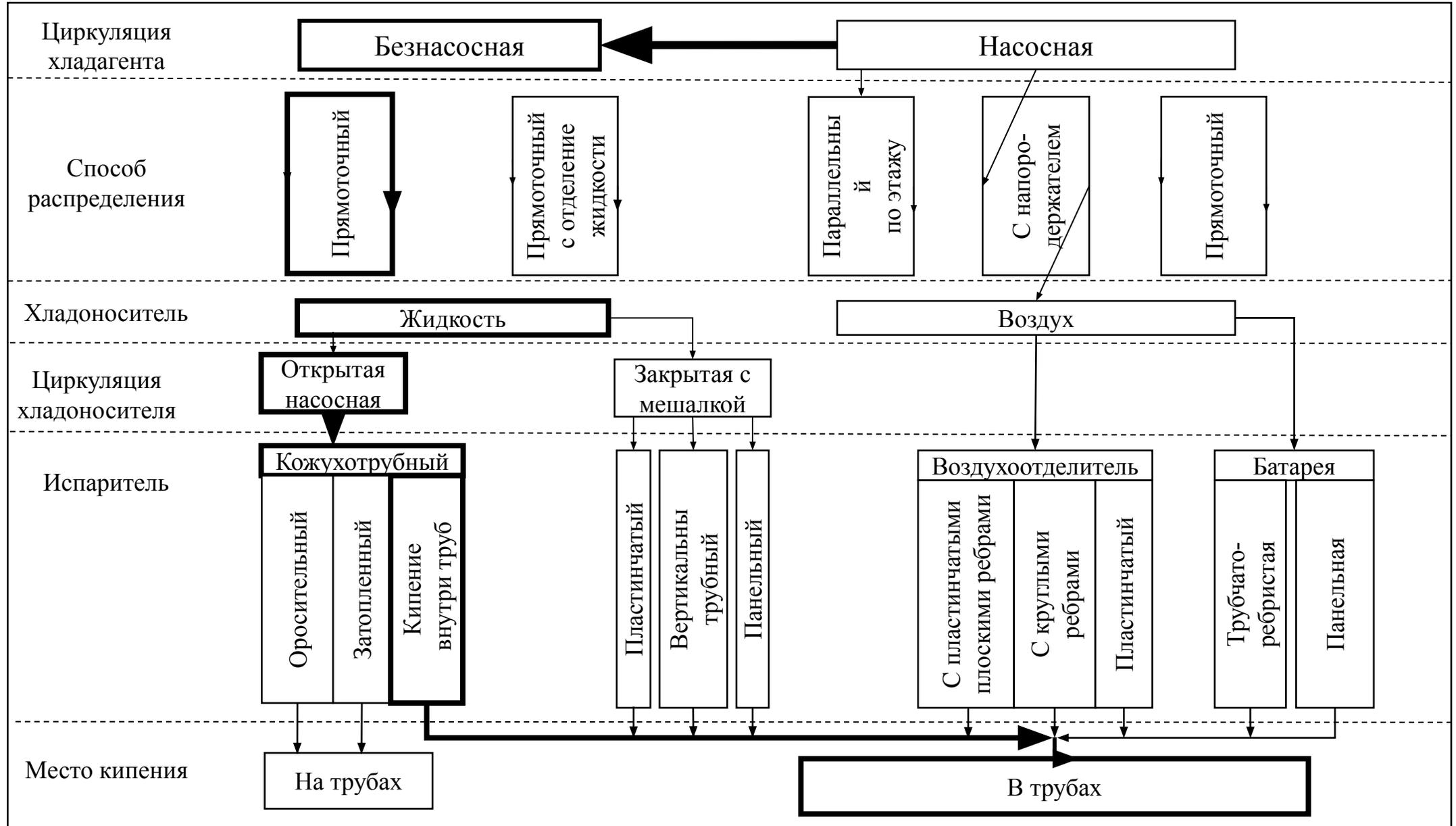
Цель выпускной квалификационной работы

- Целью выпускной квалификационной работы является изучение принципа работы установки водоохлаждения, смоделировать систему автоматического управления и произвести ее расчет. С этой целью рассмотрены основные аспекты процесса, выполнен подбор современной элементной базы и расчет автоматической системы для обеспечения требуемой точности и быстродействия

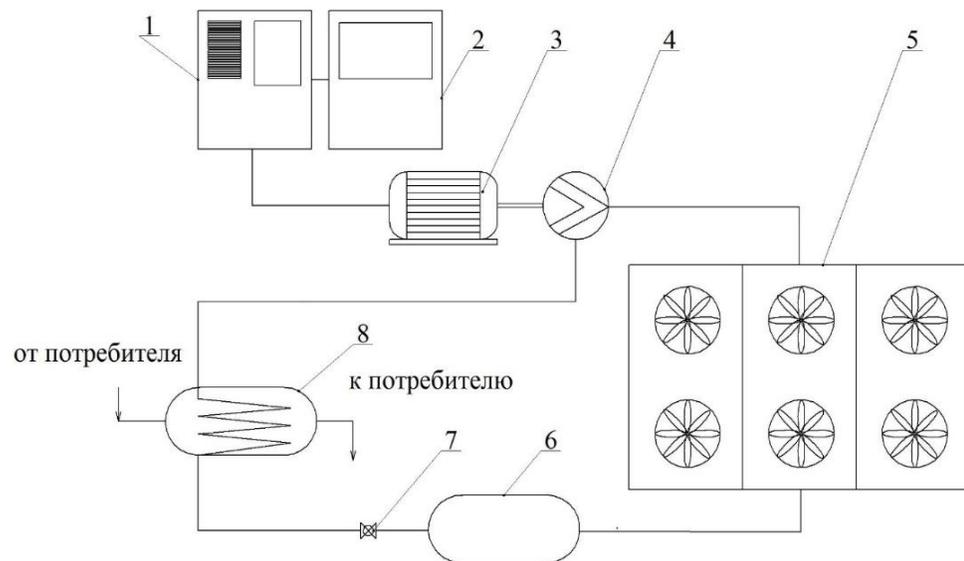
Задачи выпускной квалификационной работы

- Построить функциональную схему водоохлаждающей установки
- Построить структурную схему
- Оценить устойчивость системы автоматического регулирования с использованием критерия устойчивости Найквиста
- Построить желаемую логарифмическую амплитудно – частотную характеристику передаточной функции с корректирующим устройством
- Выполнить технико-экономическое обоснование расчета системы водоохлаждения на предприятии

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДООХЛАЖДАЮЩИХ УСТАНОВОК



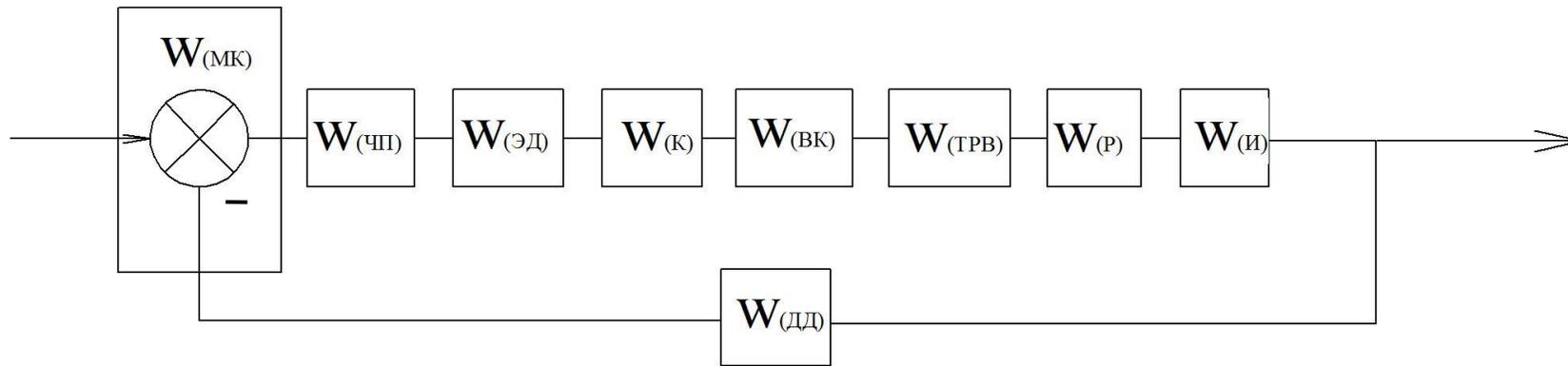
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ



- 1 – частотный преобразователь;
- 2 – микроконтроллер;
- 3 – электродвигатель;
- 4 – компрессор;
- 5 – вентиляционный конденсатор;
- 6 – ресивер;
- 7 – ТРВ;
- 8 – испаритель.

Наименование	Характеристика
Холодопроизводительность	2x571 кВт
Количество компрессорных агрегатов	2 шт.
Хладагент	R134a
Номинальная мощность компрессоров	200 кВт
Номинальный ток	360 А
Пусковой ток	1500 А
Степень защиты компрессорных агрегатов	IP54
Параметры питающей сети	380 В, 50 Гц
Тип испарителей	Кожухотрубный разборный из нержавеющей стали
Холодоноситель	вода
Потеря давления в одном испарителе	56 кПа
Температура воды на входе в испаритель	14,6°С
Температура воды на выходе из испарителя	11,5°С

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ВОДООХЛАЖДЕНИЯ



передаточная функция микропроцессорной системы $W_{МК(p)} = 1$

передаточная функция ресивера $W_{Р(p)} = \frac{6.9}{3.03+1}$

передаточная функция преобразователя частоты $W_{ПЧ(p)} = \frac{36}{0,011p+1}$

передаточная функция ТРВ $W_{ТРВ(p)} = 0,667$

передаточная функция электродвигателя $W_{ЭД(p)} = \frac{2}{3,7 \cdot 10^{-4} p^2 + 8,2 \cdot 10^{-2} p + 1}$

передаточная функция испарителя $W_{И(p)} = \frac{1.09}{12.25p^2 + 24.78p + 1}$

передаточная функция компрессора $W_{К(p)} = \frac{5.3}{(5p+1)}$

передаточная функция датчика давления $W_{ДД(p)} = \frac{0,052}{0,2p+1}$

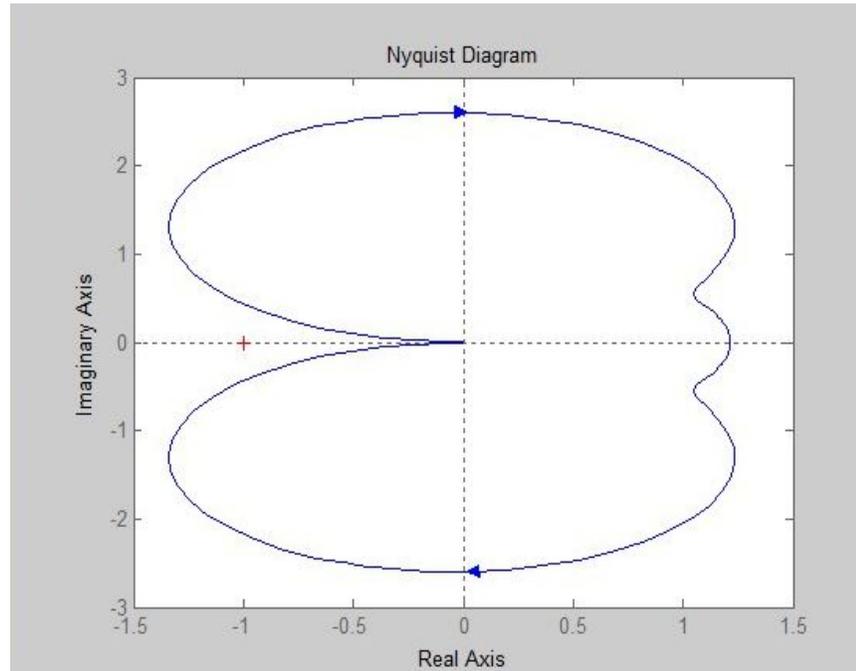
передаточная функция воздушного конденсатора $W_{БК(p)} = \frac{0,259}{8p+1}$

Передаточная функция замкнутой системы относительно задающего воздействия с учетом отрицательной обратной связи

$$W_{(p)} = \frac{W_{МК(p)} \cdot W_{ПЧ(p)} \cdot W_{ЭД(p)} \cdot W_{К(p)} \cdot W_{БК(p)} \cdot W_{Р(p)} \cdot W_{ТРВ(p)} \cdot W_{И(p)}}{1 + W_{МК(p)} \cdot W_{ПЧ(p)} \cdot W_{ЭД(p)} \cdot W_{К(p)} \cdot W_{БК(p)} \cdot W_{Р(p)} \cdot W_{ТРВ(p)} \cdot W_{И(p)} \cdot W_{ДД(p)}}$$

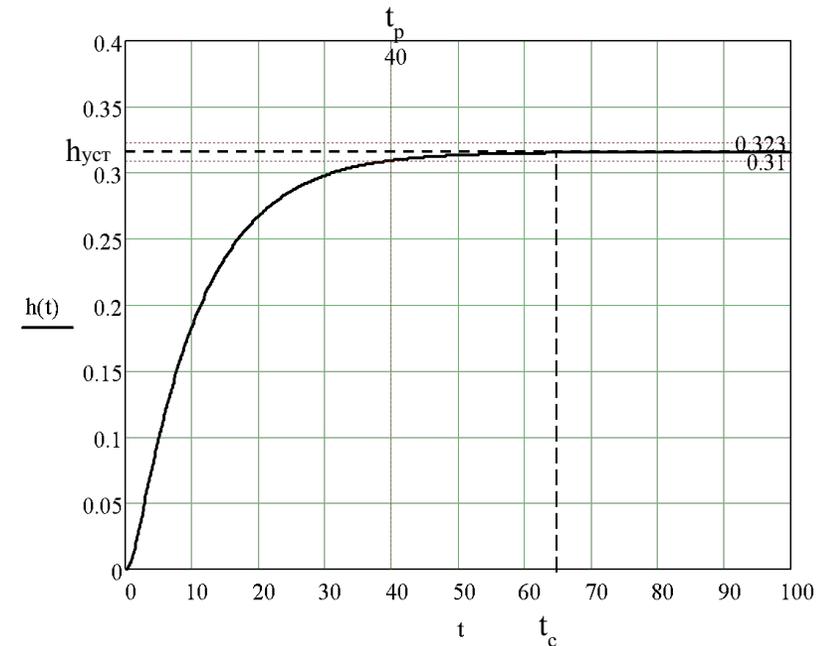
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЯ УСТОЙЧИВОСТИ НАЙКВИСТА

Годограф Найквиста (среда Matlab)



Замкнутая САУ является устойчивой, по критерию Найквиста, для устойчивости замкнутой САУ необходимо и достаточно, чтобы годограф разомкнутой системы не охватывал точку $(-1,0j)$. В данном случае точка $(-1,0j)$ не охватывается, т.е. выполняется критерий Найквиста.

График переходного процесса замкнутой системы водоохлаждения



Прямые оценки качества системы

$h_{уст} = 0,315$ – установившееся значение при $t = \infty$;

$t_p = 40$ с – время переходного процесса – время, за которое система входит в 5%-ную трубку;

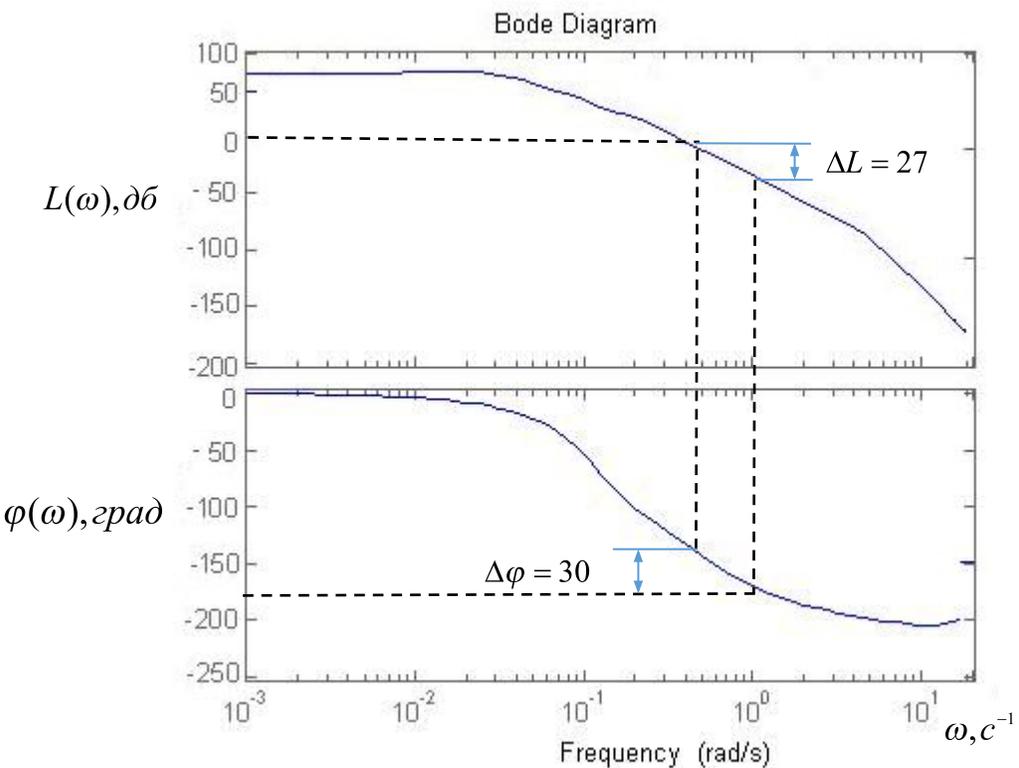
$h_{max} = 0,315$ – максимальное значение выходной величины;

$t_c = 65$ с – время согласования – время, за которое выходная величина впервые достигает своего установившегося значения;

Величина перерегулирования

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{уст}}{h_{уст}} \cdot 100\% = 0\%.$$

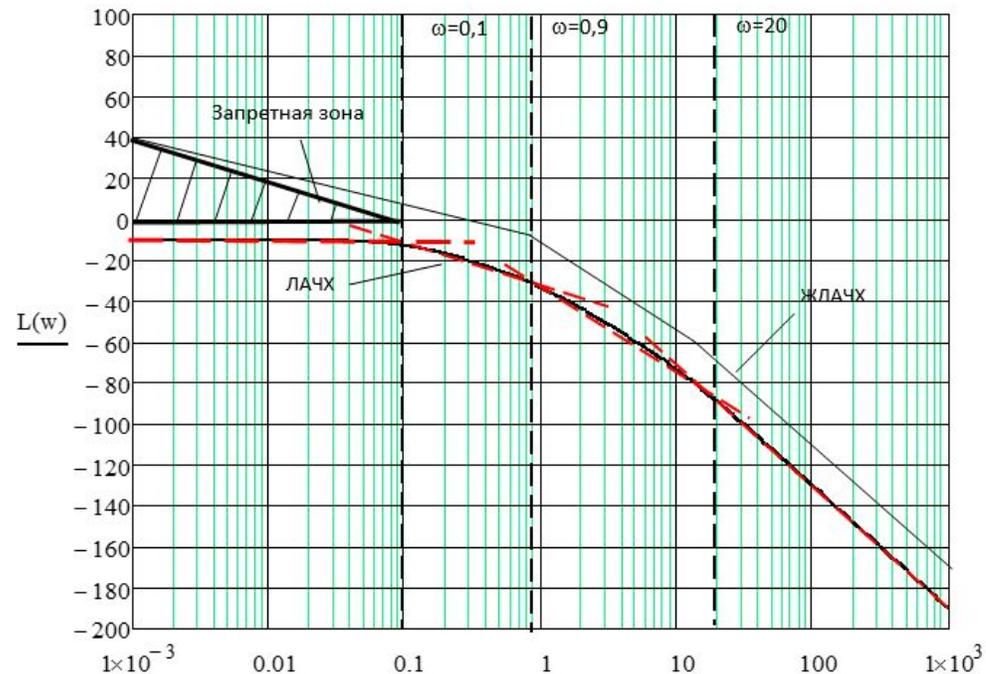
Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика



Запас устойчивости по амплитуде $\Delta L = 27$

Запас устойчивости по фазе $\Delta \varphi = 30$

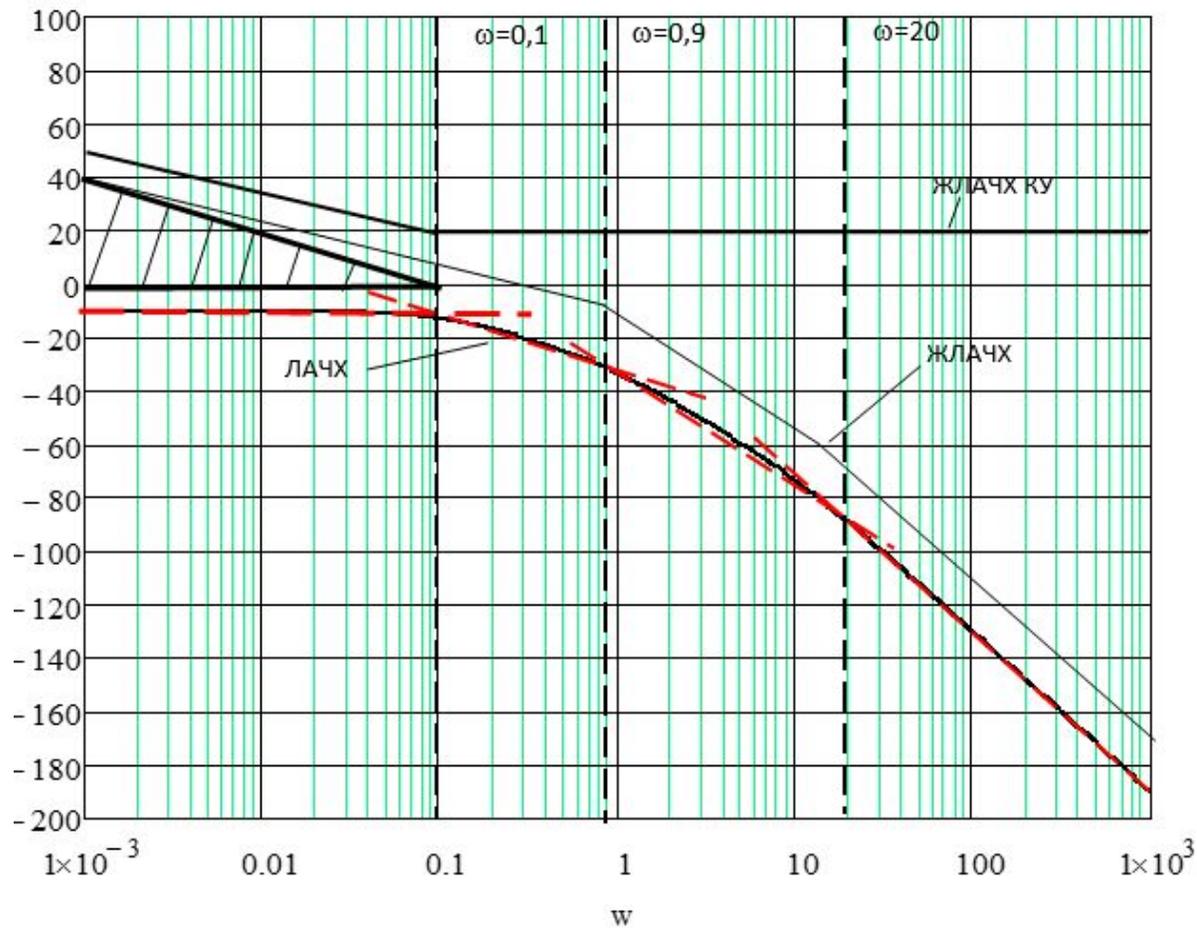
Построение желаемой логарифмической амплитудно – частотной характеристики передаточной функции



передаточная функция ЛАЧХ системы будет имеет вид

$$W(p) = \frac{0,316}{(10p+1)(1,111p+1)(0,05p+1)}$$

Построение желаемой логарифмической амплитудно – частотной характеристики передаточной функции с корректирующим устройством

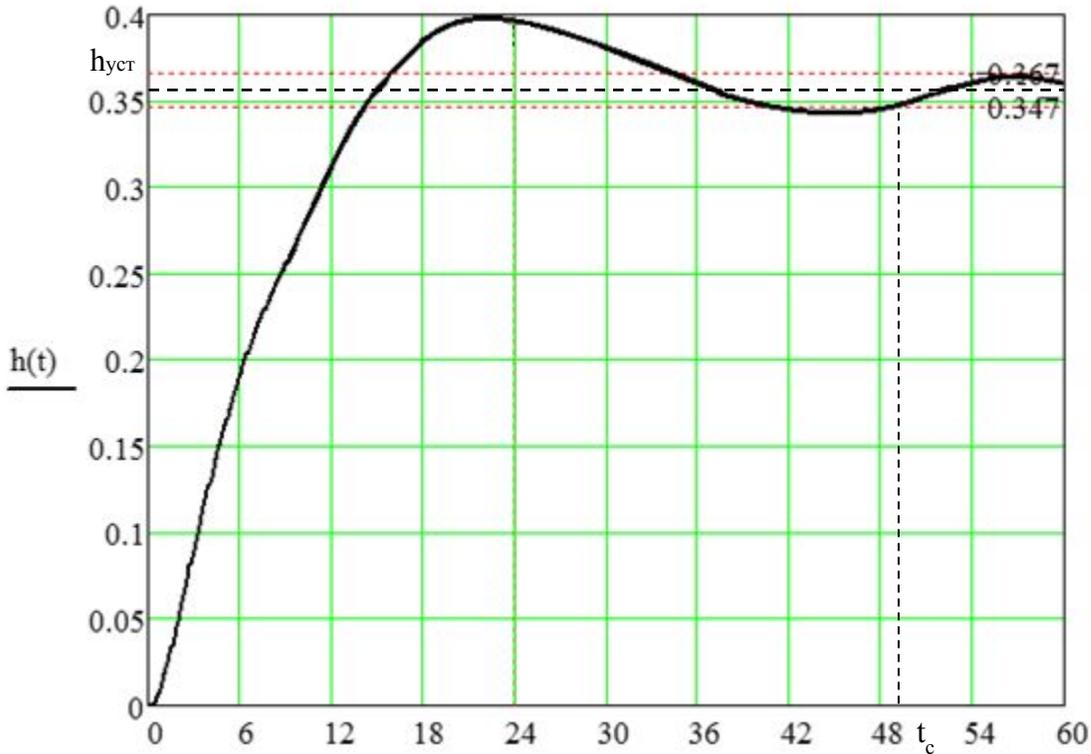


передаточная функция ЛАЧХ корректирующего устройства будет имеет вид

$$W(p) = \frac{0,477(10p + 1)}{p}$$

ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС СИСТЕМЫ С КОРРЕКТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Переходный процесс скорректированной системы



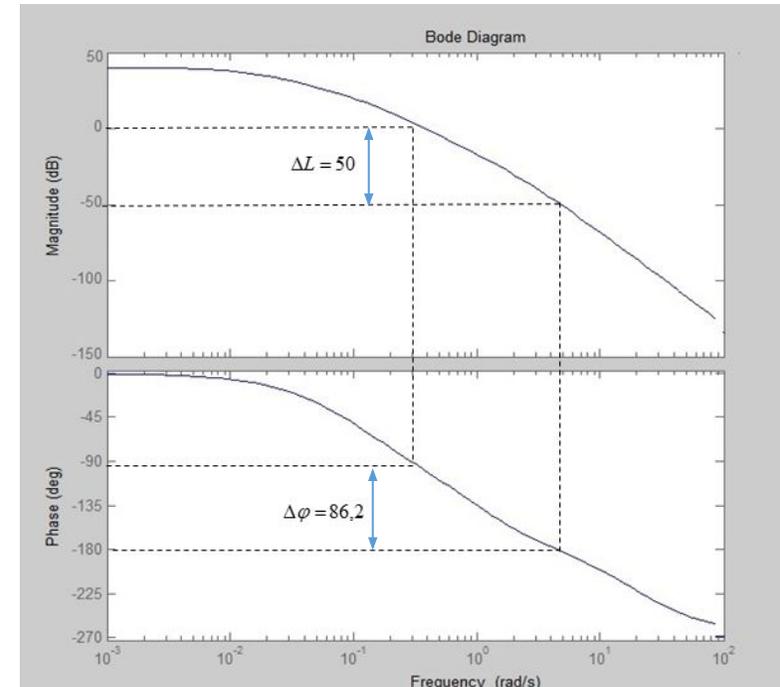
$h_{уст} = 0,37$ – установившееся значение при $t = \infty$;

$t_p = 48$ с – время переходного процесса – время, за которое система входит в 5%-ную трубку;

$h_{max} = 0,4$ – максимальное значение выходной величины;

$t_c = 60$ с – время согласования – время, за которое выходная величина впервые достигает своего установившегося значения;

Частотные характеристики разомкнутой скорректированной системы регулирования



Запас устойчивости по амплитуде $\Delta L = 50$

Запас устойчивости по фазе $\Delta \varphi = 86,2$

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ВОДООХЛАЖДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Структура себестоимости проведения НИР



Калькуляция плановой себестоимости проведения НИР

Статьи затрат	Сумма, руб.
Основная заработная плата	31161,48
Дополнительная заработная плата	3687,24
Отчисления во внебюджетные фонды	10324,94
Расходы на служебные командировки	921,16
Накладные расходы	41299,78
Плановая себестоимость	86963,06

Плановая прибыль

$$П = Ц_д - C_n - НДС,$$

$$П = 116901,2 - 86963,06 - 19483,53 = 10454,61$$

Договорная цена

$$Ц_д = Ц + НДС$$

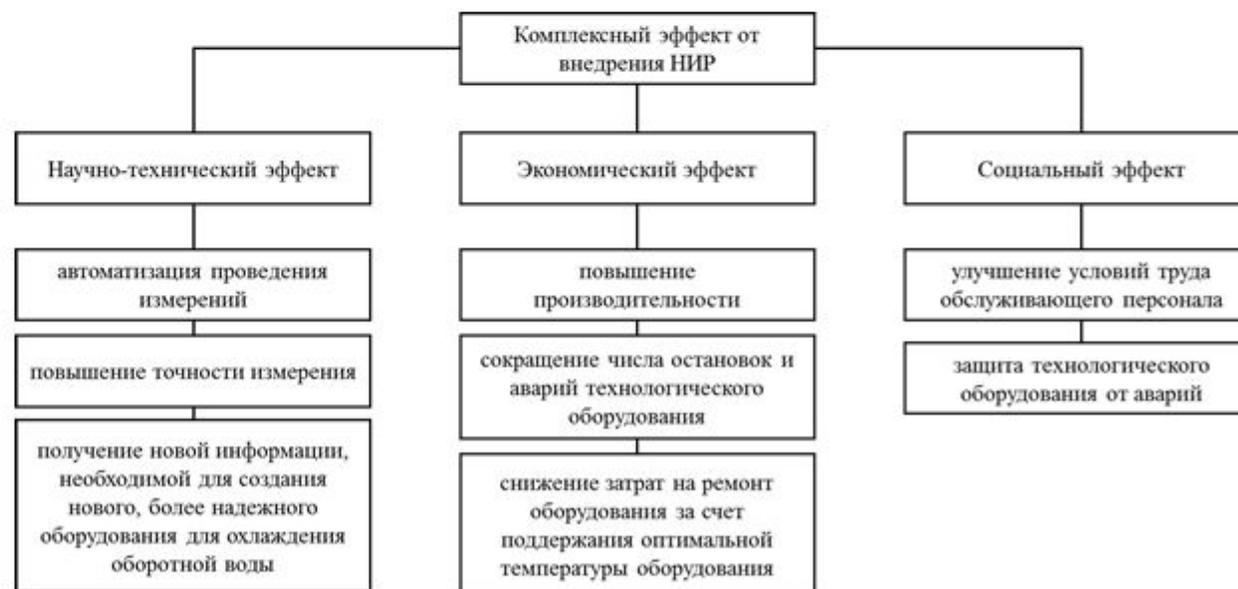
$$Ц = 97417,67 + 19483,53 = 116901,2 \text{ (руб)}$$

Чистая прибыль

$$П_ч = П - Н_п,$$

$$П = 10454,61 - 2090,92 = 8363,68$$

Комплексный эффект от внедрения НИР



СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ – ОГNETУШИТЕЛИ

Виды огнетушителей

ОП – порошковые

Огнетушащая способность по классу А, В, С также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Огнетушащее вещество - огнетушащий порошок

Длина струн – 3 – 4,5 м

Температура при эксплуатации (-50°C + +50°C)

1 – удлинитель; 2 – кронштейн; 3 – баллон с рабочим газом,
4 – манометр; 5 – корпус; 6 – сифонная трубка; 7 – насадка.



ОУ – углекислотные

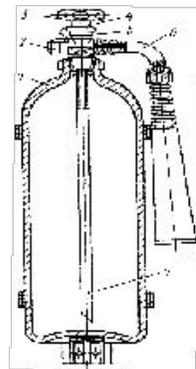
Огнетушащая способность по классу В

Огнетушащее вещество - двуокись углерода (СО2) по ГОСТ 8050-85

Длина струн – 1,5 – 3 м

Температура при эксплуатации (-40°C + +50°C)

1 – баллон; 2 – предохранитель; 3 – маховичок вентиля-запора;
4 – металлическая пломба; 5 – вентиль; 6 – поворотный механизм с
раструбом; 7 – сифонная трубка.



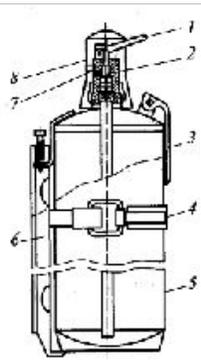
ОХ – хладоновые

Огнетушащая способность по классу А, В, С, Е

Огнетушащее вещество - хладон

Длина струн пены – 2-4 м

1 – пусковой рычаг; 2 – запорная головка; 3 – рукоятка,
4 – крепление баллона; 5 – баллон; 6 – кронштейн; 7 – распылитель;
8 – колпак.



ОХП – химическо-пенные

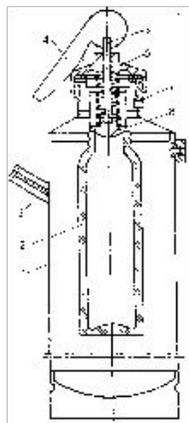
Огнетушащая способность по классу А, В

Огнетушащее вещество – химическая пена (80 % углекислого газа,
19,7 % воды и 0,3 % пенообразующего вещества)

Длина струн пены – 4,5 – 6 м

Температурный диапазон применения (+5 °С – +45 °С),

1 – корпус; 2 – стакан с кислотной частью заряда; 3 – ручка;
4 – рукоятка; 5 – шток; 6 – крышка; 7 – спрыск; 8 – клапан.



Классы пожаров в зависимости от горящего материала

Класс пожаров	Горящий материал	Виды
А	горение твердых веществ в основном органического происхождения	ОП, ОХП, ОХ
В	горение горючих жидкостей и плавящихся твердых материалов	ОУ, ОП, ОХП, ОХ
С	горение газов	ОП, ОХ, ОУ
Д	горение металлов	ОП – Д
Е	горение различных агрегатов и приборов, находящихся под напряжением	ОХ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках дипломного проектирования рассматривалась технология водохлаждения на предприятии. Рассмотрены различные способы водоохлаждения в зависимости от технических возможностей и конструкций холодильных машин, разработана соответствующая классификация. Выделены отдельные этапы водоохлаждения и проанализировано, как должна изменяться температура и давление при работе целой системы. Отмечено, что большое количество дефектов может возникнуть в случае несоблюдения технологических параметров.

В холодильной машине основным регулируемым параметром является давление хладагента (в нашем случае фреон R134a). Для поддержания заданной температуры оборотной воды предложена функциональная схема регулирования холодильной машиной, которая позволяет регулировать температуру с помощью изменения производительности компрессора. Для данной системы осуществлен выбор всех элементов и рассчитаны их передаточные функции, необходимые в дальнейшем для анализа динамических и статических свойств.

При расчете исходной (неизменяемой) части системы получены выражения для передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем, построены переходный процесс, амплитудно-частотная характеристика, оценена устойчивость системы по критерию Найквиста. Система оказалась устойчивой, малые запасы устойчивости и большое время регулирования, поэтому принято решение о ее коррекции.

Методом запретных зон и с помощью номограммы Солодовникова построена желаемая логарифмическая амплитудно-частотная характеристика и определена передаточная функция последовательного корректирующего устройства. Разработана модель скорректированной системы и доказано, что проведенный расчет позволил улучшить все запланированные показатели.