

Тема ВКР

Методология проектирования  
специального программного обеспечения АСУ ТП  
типовых дожимных насосных станций  
транспортировки сырой нефти с применением  
интегрированных сред моделирования

Работу выполнил магистрант группы АТП-17-1м  
Д.В. Боталов

Объект исследования – процесс проектирования программного обеспечения АСУ ТП

Предмет исследования – методы, модели и алгоритмы разработки программного обеспечения АСУ ТП

Цель исследования

разработка метода, моделей и алгоритмов проектирования программного обеспечения АСУ ТП в нефтегазовой отрасли на основе применения библиотек создаваемых программных модулей объектов проектирования, приводящих к сокращению сроков проектирования.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи

1. Оценка степени проработанности темы исследования на основе анализа литературных источников и процесса проектирования;
- 2 . Анализ этапов жизненного цикла специального программного обеспечения АСУ ТП с выявлением наиболее вероятных мест и источников возникновения ошибок;

3. Разработка методики проведения исследования по созданию программных модулей с применением пакета SimInTech;
4. Разработка программных блоков с заполнением библиотеки среды динамического проектирования SimInTech;
5. Исследование и оценка результатов НИР (на примере разработки модели автоматизированной системы управления типовой дожимной насосной станцией с оптимизацией параметров программных решений);

## Научная новизна предлагаемого решения

Разработан метод индустриального проектирования специального ПО АСУ ТП, отличающийся тем, что исключены промежуточные стадии проектирования в сравнении с каноническим (ручным) методом проектирования, за счет этого достигается эффект в виде снижения вероятности ошибки:

$$P_{AC} = 0,92 \cdot P_{НИР} \cdot 0,70 \cdot P_{ИП} \cdot 0,71 \cdot P_{ПП}$$

# Нормативная документация

ГОСТ 34.601-90 – Автоматизированные системы.

Стадии создания;

ГОСТ 19.102-77 – Единая система программной документации. Стадии разработки

## Основные стадии проектирования при каноническом методе разработки ПО

№	Стадии проектирования
1	Научная исследовательская работа
2	Разработка эскизного проекта
3	Разработка технического проекта
4	Разработка программы
5	Испытания программы
6	Подготовка и передача программы

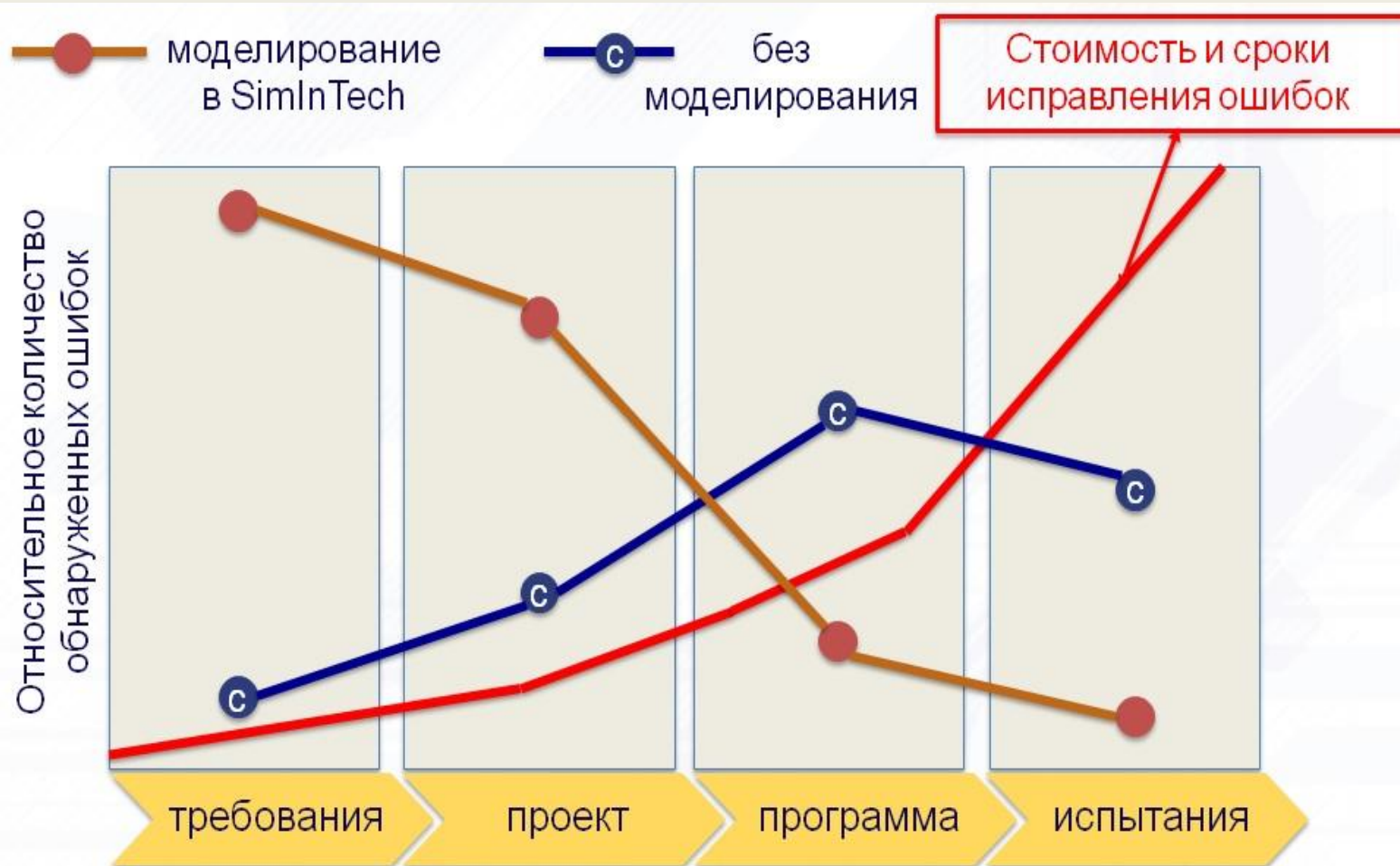
## Основные виды ошибок при проектировании ПО

№	Виды ошибок
1	Научной исследовательской работы
2	Моделирования ПО
3	Вычислений
4	Управления потоком
5	Передачи и интерпретации данных
6	Перегрузки
7	Тестирования



# Зависимость стоимости и сроков от стадии проектирования ПО

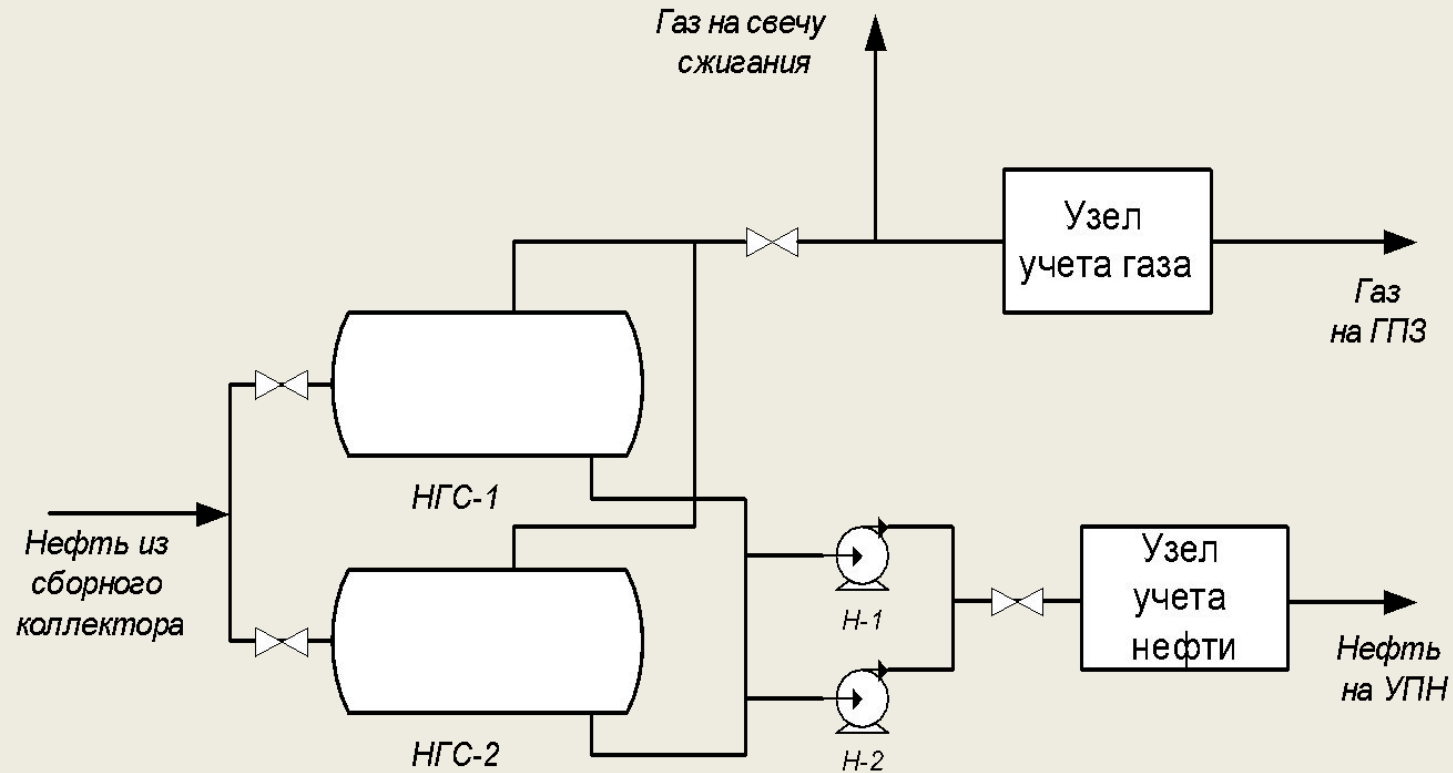
(по данным ООО «3В Сервис»)



## Примеры программных средств математического моделирования

1. **MATLAB** – программная среда математических расчетов, моделирования, визуализации результатов (США);
2. **CoDeSys** – программная среда моделирования специального ПО (Германия);
3. **VisSim** – программная среда моделирования специального ПО (США);
4. **LabVIEW** – программная среда моделирования специального ПО (США);
5. **SimInTech** – программная среда математического моделирования, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров и графических дисплеев (Россия).

# Типовая схема ДНС



НГС-1, НГС-2 – нефтегазовые сепараторы;  
Н-1, Н-2 – центробежные секционные насосы;  
ГПЗ – газоперерабатывающий завод;  
УПН – установка подготовки нефти

# Математическое обеспечение блока узла учета газа

Расчет рассогласования

$$\vec{y}(t) = \vec{u}_1(t) - \vec{u}_2(t)$$

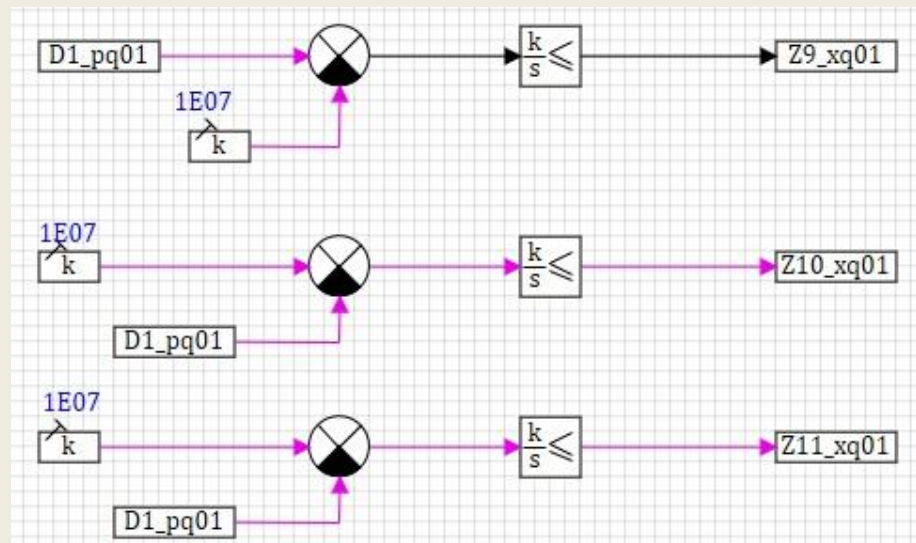
Расчет управляющего сигнала

$$y'_i(t) = k_i x_i(t)$$

Ограничения для значений выходного сигнала

$$y_{\min} \leq y_i(t) \leq y_{\max}$$

Фрагмент программы в среде SimInTech

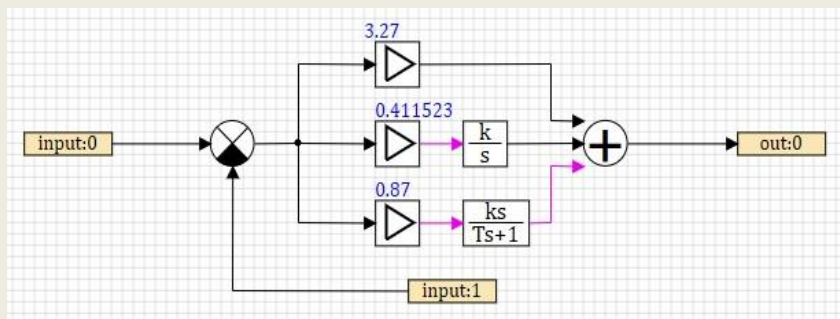


# Математическое обеспечение блока ЦНС

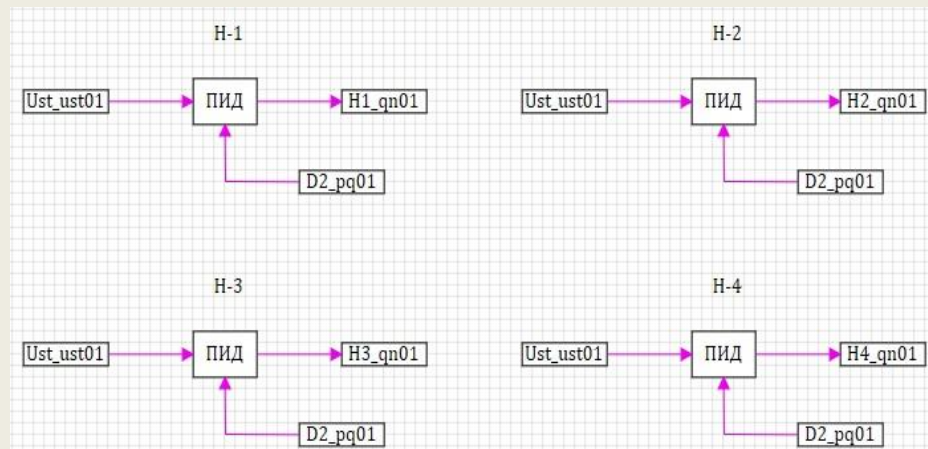
## Уравнение ПИД-регулятора

$$u = K_{\Pi} \cdot e(t) + K_{\text{И}} \int e(t) dt + K_{\text{Д}} \frac{de(t)}{dt}$$

## Фрагмент программы блока ПИД в среде SimInTech



## Фрагмент программы блока ЦНС в среде SimInTech



# Проверка работоспособности ПИД-модели по настройкам В.Я. Ротача

Схема ОУ Simulink

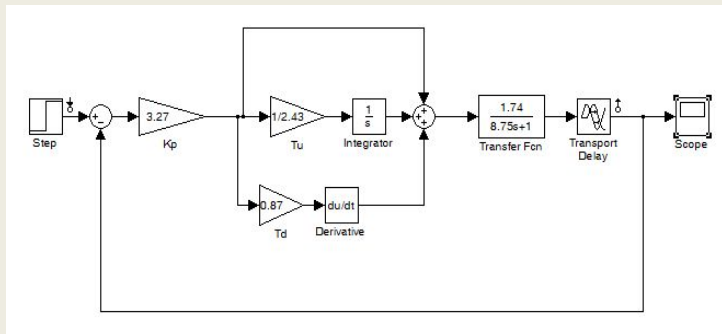


Схема ОУ SimInTech

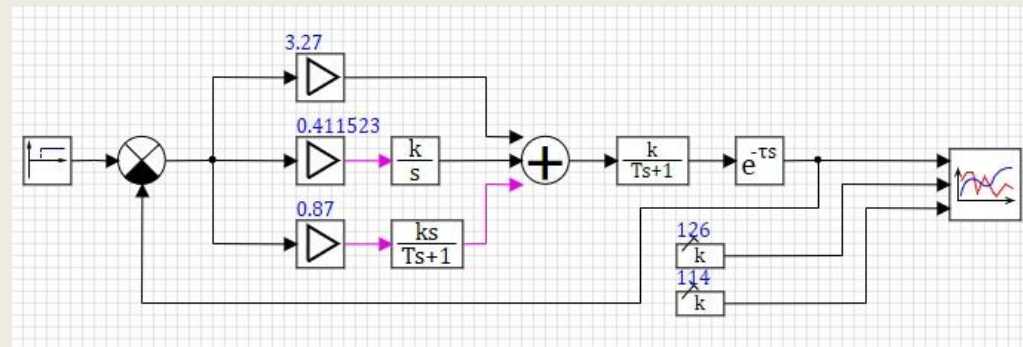


График выхода на режим

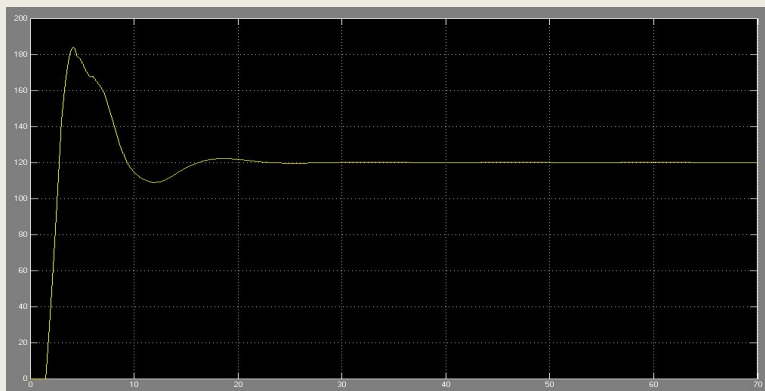
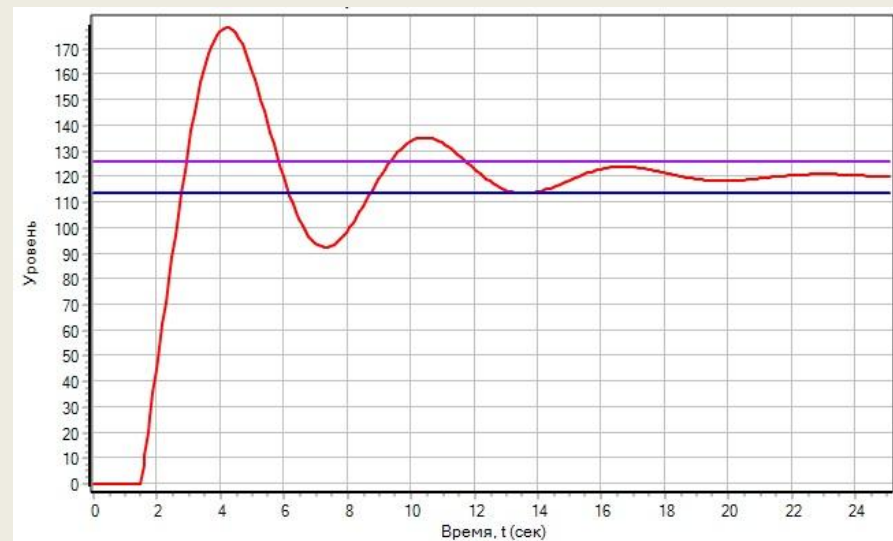


График выхода на режим



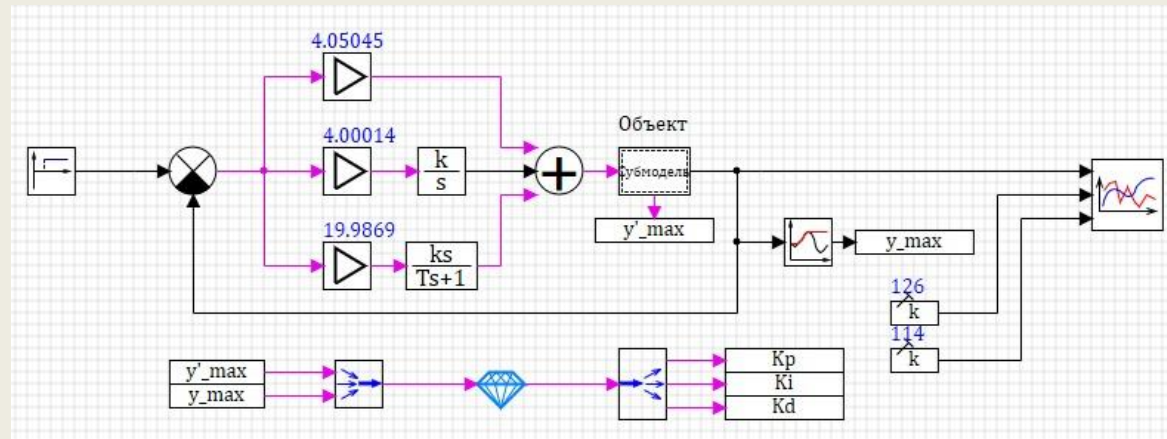
# Анализ прямых показателей качества

## математических моделей

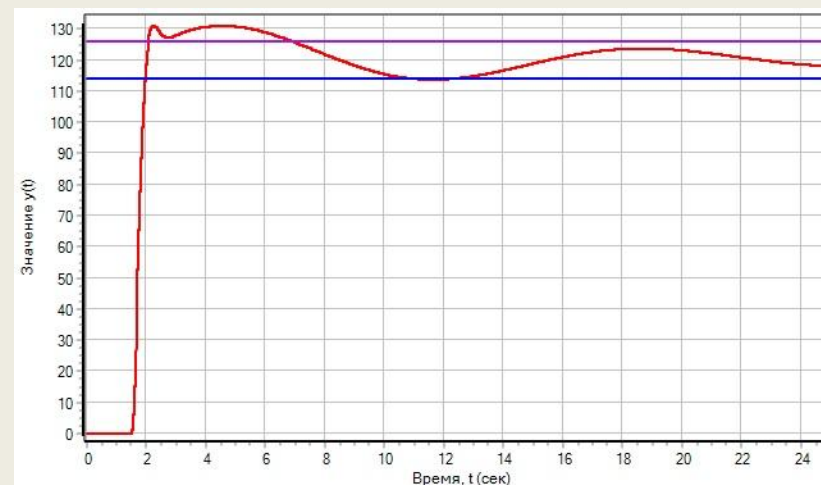
Прямые показатели качества блоков ПИД			Разность параметров, %
Вид показателя	Модель MatLab Simulink	Модель SimInTech	
Степень затухания, $\psi$	0,99	0,99	0
Пререгулирование, $\sigma$	0,53	0,53	0
Время регулирования, $T_p$	14	14	0
Установившееся значение, $Y_{уст}$	120	120	0

# Оптимизация параметров на примере блока ЦНС

## Схема ПИД-регулятора с оптимизатором



## График выхода на режим



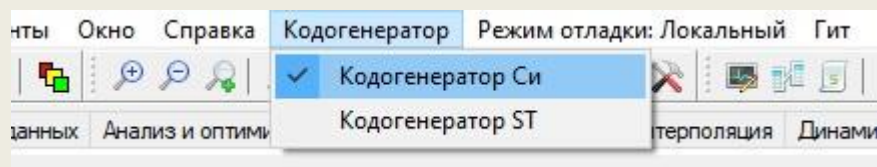


# Эффективность оптимизации параметров

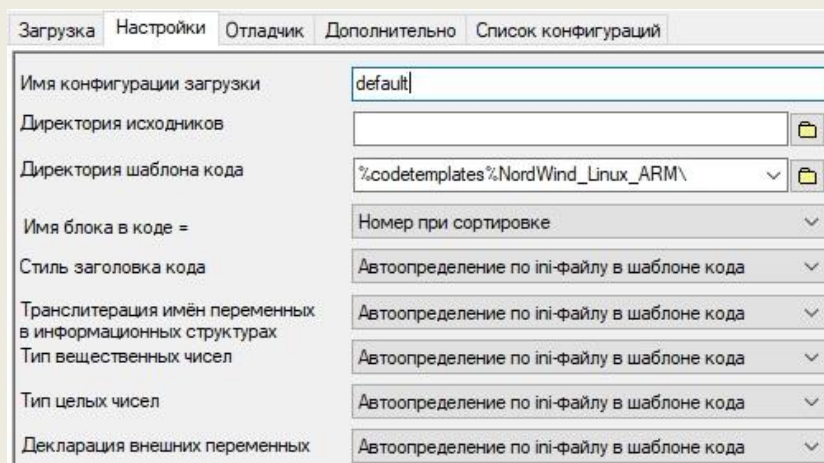
Прямые показатели качества блоков ПИД			Эффективность, %
Вид показателя	Расчет методом В.Я. Ротача	Расчет с применением оптимизатора	
Степень затухания, $\psi$	0,99	0,89	-
Пререгулирование, $\sigma$	0,53	0,09	83
Время регулирования, $T_p$	14	12,4	11
Установившееся значение, $Y_{уст}$	120	120	-

# Генерация кода, исполняемого микропроцессорными контроллерами

## Выбор функции генерации кода



## Настройки генерации кода



# Вероятность безошибочного проектирования при каноническом подходе

Вероятность по стадиям

Введение весовых коэффициентов

$$P_{AC} = P_{НИР} \cdot P_{ЭП} \cdot P_{ТП} \cdot P_{РП} \cdot P_{ИП} \cdot P_{ПП}$$

$$P_{AC} = kP_{НИР} \cdot kP_{ЭП} \cdot kP_{ТП} \cdot kP_{РП} \cdot kP_{ИП} \cdot kP_{ПП}$$

Опрошенные эксперты	Весовые коэффициенты стадий					
	$k_{НИР}$	$k_{ЭП}$	$k_{ТП}$	$k_{РП}$	$k_{ИП}$	$k_{ПП}$
Эксперт 1	0,90	0,75	0,85	0,65	0,75	0,70
Эксперт 2	0,95	0,87	0,80	0,60	0,68	0,65
Эксперт 3	0,91	0,85	0,70	0,55	0,67	0,77
Среднее значение	<b>0,92</b>	<b>0,82</b>	<b>0,78</b>	<b>0,60</b>	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>

Вероятность безошибочного проектирования

$$P_{AC} = 0,92 \cdot P_{НИР} \cdot 0,82 \cdot P_{ЭП} \cdot 0,78 \cdot P_{ТП} \cdot 0,60 \cdot P_{РП} \cdot 0,70 \cdot P_{ИП} \cdot 0,71 \cdot P_{ПП}$$

# Вероятность безошибочного проектирования при типовом подходе

Вероятность по стадиям

$$P_{AC} = 0,92 \cdot P_{НИР} \cdot 0,70 \cdot P_{ИП} \cdot 0,71 \cdot P_{ПП}$$

Эффективность применения методологии типового проектирования АС

№	Стадия проектирования	
	Каноническое	Типовое
1	Научная исследовательская работа	Научная исследовательская работа
2	Разработка эскизного проекта	-
3	Разработка технического проекта	-
4	Разработка программы	-
5	Испытания программы	Испытания программы
6	Подготовка и передача программы	Подготовка и передача программы

Решены следующие задачи:

- проработана тема исследования на основе литературного обзора;
- проанализированы этапы жизненного цикла специального ПО;
- разработана методика проведения исследования по созданию программных модулей в среде SimInTech;
- разработаны программные блоки с заполнением библиотеки SimInTech;
- исследование и оценка результатов НИР на примере модели АСУ ТП типовой ДНС с оптимизацией параметров программных решений

## Полученный эффект

Снижены вероятность программных ошибок и сроки проектирования за счет исключения промежуточных стадий проектирования с применением интегрированных сред моделирования.

Методология проектирования специального ПО является применимой в нефтегазовой отрасли