

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ДЖЭТ»
(АО ИТЦ «ДЖЭТ»)**



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

CMS

Руководство пользователя

б/н

Номер редакции 1.0

На 77 листах

Москва, 2023

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
----------------	---	--------------------

ПРАВА НА СОДЕРЖАНИЕ

Настоящий документ является собственностью АО ИТЦ «ДЖЭТ» и защищен законодательством Российской Федерации и международными соглашениями об авторских правах и интеллектуальной собственности

Копирование документа либо его фрагментов в любой форме, распространение, в том числе в переводе, воспроизводство, изменение в любой форме или частично, а также передача во временное или постоянное пользование третьим лицам, разглашение или использование сведений в коммерческих интересах третьих лиц возможны только с письменного разрешения АО ИТЦ «ДЖЭТ».

Документ и связанные с ним графические изображения могут быть использованы только в информационных, некоммерческих или личных целях.

АО ИТЦ «ДЖЭТ» оставляет за собой право на изменение или обновление настоящего документа без предварительного уведомления.

Все названия компаний и продуктов, которые являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками, являются собственностью соответствующих владельцев.

За содержание, качество, актуальность и достоверность используемых в документе материалов, права на которые принадлежат другим правообладателям, а также за возможный ущерб, связанный с использованием этих материалов, ответственности не несет.

АО «ИТЦ «ДЖЭТ»

117335, г. Москва, Нахимовский проспект, дом 58

Сайт компании: <https://get-sim.ru/>

Тел.: +7 495 788 04 06

Электронный адрес службы поддержки: itcget@rosatom.ru

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ	6
1.1 Назначение программы.....	6
1.2 Основные характеристики программы.....	6
1.3 Ограничения, накладываемые на область применения программы.....	6
2 Создание теплогидравлической схемы.....	7
2.1 Расчетная схема.....	7
2.2 Генерация расчетной схемы	7
2.3 Основные положения.....	8
2.4 Типы объектов расчетной схемы.....	8
2.4.1 Меню объектов	8
2.4.2 Насос CMS	9
2.4.3 Вентилятор CMS.....	13
2.4.4 Задвижка (вентиль) CMS.....	16
2.4.5 Обратный клапан CMS	19
2.4.6 Предохранительный клапан CMS	21
2.4.7 Трехходовый клапан CMS.....	23
2.4.8 Четырехходовый клапан CMS.....	23
2.4.9 Регулятор CMS	23
2.4.10 Эжектор CMS.....	25
2.4.11 Фильтр CMS.....	29
2.4.12 Ротор CMS.....	30
2.4.13 Ступень турбины CMS	31
2.4.14 Датчики CMS	32
2.4.15 Дифференциальный датчик CMS.....	33
2.4.16 Датчик произвольной величины CMS	35
2.4.17 Датчик произвольной дискретной величины CMS	36
2.4.18 Индикатор произвольной величины CMS	37
2.4.19 Температуры насоса CMS	38
2.4.20 Датчик температур насоса CMS.....	39
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СХЕМ	41
3.1 Общие понятия и алгоритмы	41
3.1.1 Создание проекта теплогидравлических систем (CMS)	41
3.1.2 Настройка расчетного слоя (решателя)	42
3.1.3 Блоки для моделирования теплогидравлических систем (CMS)	43
3.1.4 Режимы отображения рабочего поля	44
3.1.5 Основы моделирования теплогидравлических систем	45
3.1.6 Запуск диаграммы на счет	45
3.1.7 Подключение к расчетной задаче	45
3.2 Моделирование теплообменников и насосного оборудования. Базовая задача.	46
3.2.1 Общие сведения.....	46
3.2.2 Разработка расчетной схемы	49

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

3.2.3 Установка и настройка датчиков	54
3.2.4 Задание свойств объектов.....	60
3.3 Общие рекомендации по разработке.....	71
3.4 Настройка параметров схемы в процессе расчета	72
3.5 Метод установления параметров (выход на стационарные значения).	72
4 Выходные файлы	74
4.1 Графические файлы	74
4.2 Файл задания значений массивов и переменных.....	74
4.3 Файлы с исходным кодом программы	74
4.4 Файлы базы данных	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	76
Лист регистрации изменений.....	77

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ГОСТ Р	Государственный стандарт Российской Федерации
ПО	Программное обеспечение
ПК	Персональный компьютер
РП	Руководство пользователя
РЭ	Руководство по эксплуатации
ОС	Операционная система
САПФИР	Система Автоматического Проектирования Физических Инженерных Расчетов – интегрированная программная система для создания и проведения различных физических расчетов и их отладки.
СУБД	Система управления базами данных
ESUSDS	англ. executive system of Universal Software Development System (досл. исполнительная система Универсальной Системы Разработки Программного Обеспечения) – интегрированная программная система, которая поддерживает документирование, разработку, выполнение в режиме реального времени и тестирование всего комплекса программного обеспечения тренажера.
P&ID	англ. Piping and instrumentation diagram (досл. Схема трубопроводов и контрольно-измерительных приборов)

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ

Этот документ предназначен для прикладных программистов, разрабатывающих модели теплогидравлических сетей в рамках US3 технологии. Он содержит наиболее полную информацию по работе с графическим интерфейсом кодогенератора, правила построения схем, имена используемых массивов и переменных, а также физические соотношения и законы, использованные для построения математических моделей в режиме реального времени.

1.1 Назначение программы

Теплогидравлический код CMS (Compressible Media Solver), основанный на решении системы фундаментальных уравнений сохранения и замыкающих соотношений, является основной составляющей частью математической модели тренажера атомного энергоблока.

Теплогидравлический код CMS предназначен для численного моделирования динамики теплогидравлических процессов в технологических системах энергоблоков АЭС с ВВЭР, с учетом с учетом интерфейса по теплогидравлическим параметрам между ними, в режимах нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации и аварийных ситуациях при условии сохранения геометрии моделируемых технологических систем, в том числе активной зоны, реактора и контайнмента.

Отличительной особенностью этого кода является то, что при использовании в качестве основы негетогенной и неравновесной теплогидравлической модели, он позволяет выполнять расчетные анализы для произвольных гидравлических контуров в режиме реального времени.

Кодогенератор спроектирован для уменьшения усилий разработчиков, увеличения производительности и улучшения качества работ по созданию симуляционных задач в режиме реального времени. Он использует мощный графический редактор САПФИР, который позволяет инженерам моделировать сложные электрические схемы более легко.

1.2 Основные характеристики программы

Программа является исполняемым файлом для ОС Windows и Linux.

1.3 Ограничения, накладываемые на область применения программы

Разработанные модели функционируют только в рамках исполнительной системы ESUSDS.

2 Создание теплогидравлической схемы

2.1 Расчетная схема

На рисунке ниже в качестве примера, приведен фрагмент расчетной схемы из описанных выше модельных объектов для реальной системы питательной воды.

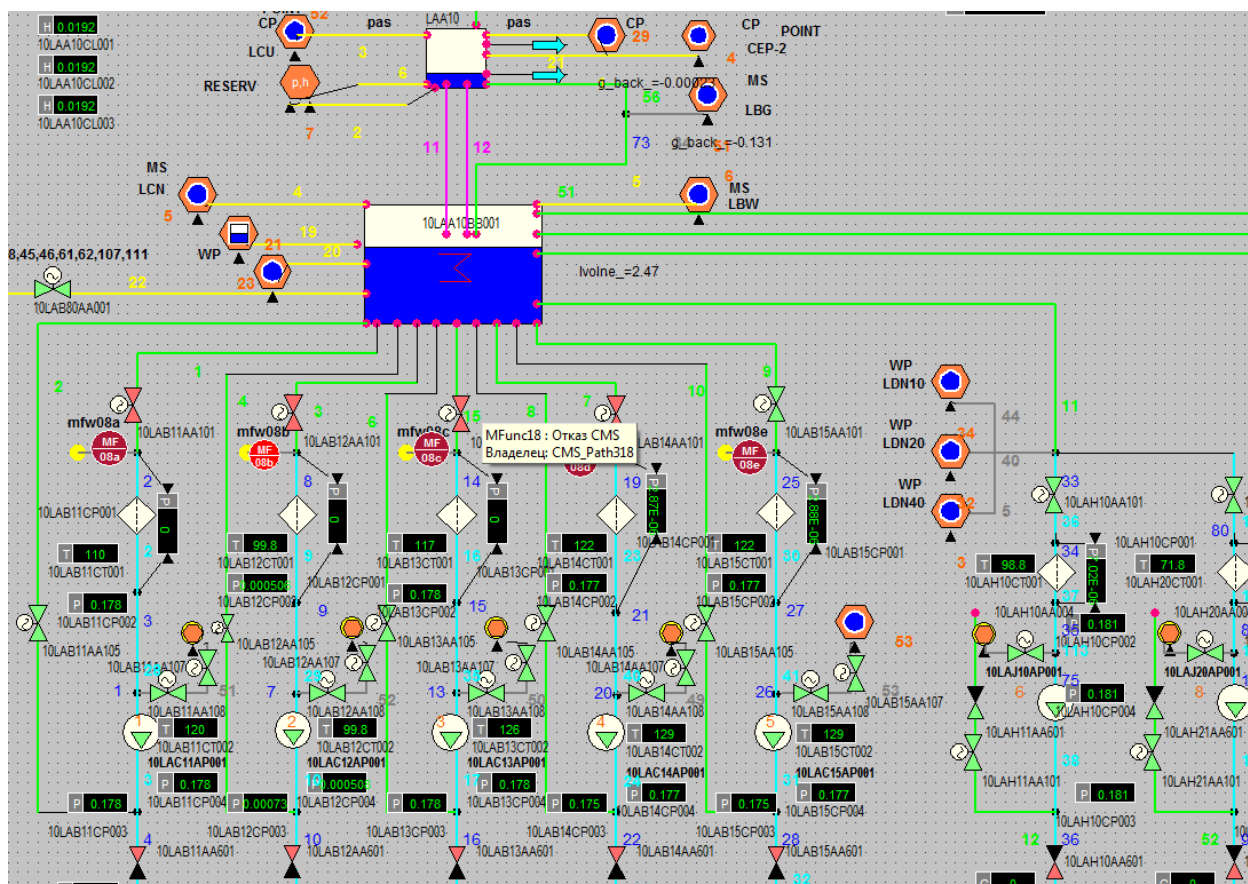


Рисунок 1 – Фрагмент расчетной схемы

2.2 Генерация расчетной схемы

Генерация расчетной схемы происходит с помощью генератора кода теплогидравлики. Генератор кода теплогидравлики предназначен для автоматического создания в графической оболочке расчётной схемы любой необходимой конфигурации и соответствующего набора файлов (расчётных модулей, составляющих теплогидравлический код CMS), содержащих математическую модель проектируемой теплогидравлической системы.

Расчетная схема создается по определенным правилам в графическом редакторе из библиотечного набора элементов, характерных для разрабатываемого проекта. В стандартный набор элементов входят расчетные узлы, объемы, граничные условия, трубопроводы, различная арматура и оборудование всех систем энергоблока (теплообменники, насосы, секции турбоустановок, эжекторы и т.д.). Для каждого из элементов расчетной схемы выводится список параметров, которые должны быть введены при подготовке расчетной схемы.

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

На этапе генерации генератор кода проводит автоматическую проверку правильности подключения элементов на схеме и заданных параметров.

Генератор кода теплогидравлики позволяет быстро и качественно создавать расчетные схемы, объединять их между собой и проводить отладку, как отдельных технологических систем, так и целых комплексов.

Объем моделируемого оборудования охватывает все основные элементы оборудования энергоблока: реактор, проточную часть турбины, оборудование первого контура и паро-питательного тракта, элементы защитной оболочки, теплообменники, насосы, арматуру и т.д. Диапазон моделируемых параметров представляет собой широкий спектр, начиная от параметров в конденсаторах и в проточной части турбины и кончая параметрами при гидравлических испытаниях реакторной установки и систем энергоблока.

Схемы теплогидравлики набираются в графической оболочке из элементарных блоков. Для блоков задаются материально-геометрические и расчетные параметры. Указывается связь с соответствующими полями в БД. Определяются точки контроля и отказы. С помощью соответствующих блоков задаются граничные условия.

2.3 Основные положения

Во всех объектах предполагается общем случае наличие неравновесной паро-газоводяной смеси с тепломассообменом между фазами. Газовая смесь может состоять из любого количества газов в любой комбинации. В данной версии реализована возможность наличия 6-ти газов: воздуха, кислорода, азота, водорода, окиси и двуокиси углерода.

Система дифференциальных уравнений баланса массы, энергии и концентраций газов в объектах записывается при следующих допущениях:

- температуры пара и газа одинаковы;
- пар и газ представляют собой идеальную смесь газов; причем газовые постоянные корректируются на каждом временном шаге задачи, в соответствии с таблицами свойств пара и газов;
- параметры в узлах, а также в верхней и нижней частях объемов являются сосредоточенными;
- не учитывается растворение неконденсируемых газов в воде;
- при записи уравнения баланса энергии для воды ее сжимаемость не учитывается.

2.4 Типы объектов расчетной схемы

Реальные объекты моделируются в расчетной схеме набором стандартных элементов и связей между ними. Вводятся понятия *узел*, *объем*, *граничное условие*, объединенные произвольными связями между собой (связи между граничными условиями отсутствуют).

2.4.1 Меню объектов

Каждый элемент из набор стандартных элементов имеет собственное графическое отображение в меню программы (Рисунок 2 –



Рисунок 2 – Меню объектов

2.4.2 Насос CMS

Блок представляет собой модель центробежного или плунжерного насоса (Рисунок 3 –

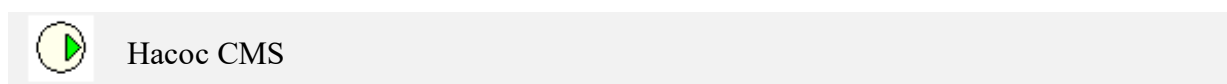


Рисунок 3 – Насос CMS

При добавлении блока на расчетную схему к расчету величины добавляются:

- напор теплоносителя на данном канале, в соответствии с характеристикой насоса;
- тепловыделение от работы насоса (компрессора, вентилятора).

Появляется возможность моделирования:

- обратного тока через насос (дополнительный неявный канал между узлами);
- кавитации (только у насосов, в модели вентиляторов нет).

Блок компрессор CMS представляет собой модель вентилятора с изменяемыми параметрами температуры и давления.

Напорная характеристика насоса задается в свойствах как реальная характеристика данного агрегата. Пользователь задает два массива с точками по расходу и по напору в соответствие с паспортом насоса.

Задавая значения, следует соблюдать одинаковую размерность для этих двух массивов и единицы измерения, в которых задаются расход и напор.

При моделировании насоса зависимость напора от расхода через насос будет вычисляться по заданным пользователем точкам путем интерполяции данных из массивов.

Для корректной работы модели насоса необходимо правильно задавать номинальные напор и расход в соответствующих строках свойств. Иначе такие величины как момент на валу, мощность насоса при его работе будет вычисляться неверно – они определяются в компоненте по нормированным текущему расходу и напору, и для корректной нормировки надо обязательно задавать рабочую (номинальную) точку насоса.

В составе каждой модели насоса есть «обратный канал» - возможные протечки через насос (вентилятор, компрессор) из напорного узла во всасывающий узел. Этот канал неявно присутствует в каждой схеме, где есть насос (вентилятор, компрессор). Его проводимость задается через свойства насоса (вентилятора, компрессора) «Площадь кольцевого зазора при обратном токе» и «Проводимость пути при обратном токе». По умолчанию площадь кольцевого зазора равна нулю и обратного тока нет.

Коэффициентом распределения механической мощности можно настраивать доли мощности, которые идут на создание расхода и напора.

Коэффициент распределения механической мощности – коэффициент, входящий в выражение для относительной механической мощности насоса:

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

$$n_{\text{отн}} = k * \frac{\Delta p}{\Delta p_{\text{ном}}} + (1 - k) * \frac{G^2}{G_{\text{ном}}^2}$$

где k – коэффициент распределения механической мощности;

Δp – фактический напор насоса;

$\Delta p_{\text{ном}}$ – номинальный напор насоса;

G – фактический расход насоса;

$G_{\text{ном}}$ – номинальный расход насоса.

Коэффициент распределения механической мощности является характеристикой насоса. Значения коэффициента определяются в зависимости от типа используемого насоса (например: для плунжерного насоса $k = 1$, для центробежного или осевого $k = 0,25$). Коэффициент определяет долю мощности насоса, которая используется для создания давления и долю мощности, которая идет на обеспечение расхода (создание импульса).

Выражение используется в компоненте (система gc) для расчета тока электродвигателя, потребляемой мощности насоса.

Таблица 1 – Свойства блока «Насос CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Тип насоса [невидимое свойство]	F_I_2	Насос/Вентилятор	
Насос плунжерный	pl_type	Да/Нет	
Включить порт для подключения к ротору	rotor_port	Добавляет механический порт, для подключения насоса к ротору. В этом варианте частота вращения вала насоса будет браться такая же, как и у ротора, и на ротор передаваться момент сопротивления насоса.	
Способ вычисления коэффициентов	F_I_4	Определяет способ задания напорной характеристики насоса. По максимальным/номинальным расходу и напору (4 значения), или по характеристике, заданной по точкам, плюс номинальные расход и напор.	
Значения расхода	flow_values	Массив расходов, при задании напорной характеристики	<sn>fa<KKS>

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Размерность расхода	flow_type	Размерность чисел в массиве расходов	
Значения напора	dp_values	Массив напоров, при задании напорной характеристики	<sn>dpa<KKS>
Размерность напора	dp_type	Размерность чисел в массиве напоров	
Максимальный расход, кг/с	F_R_11	Расход при нулевом напоре (теоретический режим работы)	<sn>cpmp<i>fmax_<tn>
Максимальный перепад давления (1-й коэф-т), Па	F_R_0	Напор при нулевом расходе. Максимальный напор насоса, полученный при гидравлических испытаниях ($K_1 > 0$ обязательно)	<sn>vpmp<i>k1_<tn>
Номинальный расход, кг/с	F_R_9	Расход в рабочей точке. Используется в обоих случаях задания характеристики.	<sn>cpmp<i>fnom_<tn>
Номинальный перепад давления (dPn), Па	F_R_8	Напор в рабочей точке. Используется в обоих случаях задания характеристики.	<sn>cpmp<i>pnom_<tn> >
Значение 2-го коэффициента характеристики, 1/(м·с)	F_R_1	Коэффициент для линейной части характеристики насоса ($K_2 < 0$ как правило). Вычисляется автоматически.	<sn>vpmp<i>k2_<tn>
Значение 3-го коэффициента характеристики, 1/(м·кг)	F_R_2	Коэффициент для квадратичной части характеристики насоса ($K_3 < 0$ обязательно). Вычисляется автоматически.	<sn>vpmp<i>k3_<tn>
Запас до кавитации, м воды	F_R_4	Используется в расчетах кавитационных процессов. Определяет допустимое разрежение на всасе во избежание местных вскипаний.	<sn>cpmp<i>cavs_<tn>
Относительная частота вращения	F_R_3	Частота вращения, отнесённая к номинальной частоте	<sn>n<KKS>_<tn>

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		вращения насоса. Число [от 0 до 1], задающее начальную частоту вращения вала насоса. При автономной работе модели будет константой. После интеграции рассчитывается в компоненте и является входной величиной для модели насоса.	
Площадь кольцевого зазора при обратном токе, м ²	F_R_6	Площадь поперечного сечения зазора между корпусом и насоса и вращающейся частью.	<sn>cpmp<i>bfs_<tn>
Проводимость пути при обратном токе	F_R_7	Проводимость зазора между корпусом насоса и вращающейся частью, сопротивление линии обратного тока через насос. Значение [от 0 до 1].	<sn>cpmp<i>adbf_<tn>
Коэффициент распределения механической мощности	F_R_10	Значение [от 0 до 1], по умолчанию 0.25. Определяет доли мощности, идущие на создание напора и расхода. Если равен 0, то мощность вычисляется только по напору, если 1 – только по расходу.	<sn>cpmp<i>wd_<tn>
Коэффициент влияния кавитации	F_R_12		<sn>cpmp<i>cavd_<tn>
Имя переменной состояния	state_name		
Постоянный индекс	is_const_index	При задании индекса номер насоса в массиве насосов остаётся постоянным при изменении схемы.	
Индекс в массиве	index	Информация: номер объекта в массиве.	
Время включения/выключения*	time_opening	Время, за которое насос включается/	<sn>t<KKS>

ДСША.161458.L505.А.Д11	12
------------------------	----

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		выключается. Используется только при автономной работе, без компонента.	
Имя в s3	trans_name	Информация: имя объекта при генерации переменных.	

Примечание: <sn> - имя системы, <tn> - номер задачи, <i> - номер насоса.

2.4.3 Вентилятор CMS

Блок представляет собой упрощенную модель насоса для тех случаев, когда перекачиваемой средой является газ, воздух, или другая парогазовая среда (смесь газов) Рисунок 4 —. Упрощение касается расчета кавитации – в модели вентилятора она не предусмотрена и не рассчитывается.

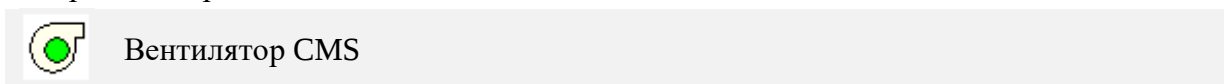


Рисунок 4 – Вентилятор CMS

Свойства и параметры блока почти полностью повторяют свойства и параметры блока типа «Насос CMS», и имеют тот же смысл.

Таблица 2 – Свойства блока «Вентилятор CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Тип насоса [невидимое свойство]	F_I_2	Вентилятор	
Вакуумный вентилятор	pl_type	Да/Нет	
Включить порт для подключения к ротору	rotor_port	Добавляет механический порт, для подключения вентилятора к ротору. В этом варианте частота вращения вентилятора будет братся такая же, как и у ротора, и на ротор передаваться момент сопротивления вентилятора.	
Способ вычисления коэффициентов	F_I_4	Определяет способ задания напорной характеристики вентилятора. По максимальным/номинальным расходу и	<sn>cpmp<i>wd_<tn>

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		напору (4 точки), или по характеристике, заданной по точкам, плюс номинальные расход и напор.	
Значения расхода	flow_values	Массив расходов, при задании напорной характеристики	<sn>fa<KKS>
Размерность расхода	flow_type	Размерность чисел в массиве расходов	
Значения напора	dp_values	Массив напоров, при задании напорной характеристики	<sn>dpa<KKS>
Размерность напора	dp_type	Размерность чисел в массиве напоров	
Максимальный расход, кг/с	F_R_11	Расход при нулевом напоре (теоретический режим работы)	<sn>cpmp<i>fmax_<tn>
Максимальный перепад давления (1-й коэф-т), Па	F_R_0	Напор при нулевом расходе. ($K_1 > 0$ обязательно)	<sn>vpmp<i>k1_<tn>
Номинальный расход, кг/с	F_R_9	Расход в рабочей точке. Используется в обоих случаях задания характеристики.	<sn>cpmp<i>fnom_<tn>
Номинальный перепад давления (dPn), Па	F_R_8	Напор в рабочей точке. Используется в обоих случаях задания характеристики.	<sn>cpmp<i>pnom_<tn>
Значение 2-го коэффициента характеристики, 1/(м·с)	F_R_1	Коэффициент для линейной части характеристики вентилятора ($K_2 < 0$ как правило). Вычисляется автоматически.	<sn>vpmp<i>k2_<tn>
Значение 3-го коэффициента характеристики, 1/(м·кг)	F_R_2	Коэффициент для квадратичной части характеристики вентилятора ($K_3 < 0$ обязательно). Вычисляется автоматически.	<sn>vpmp<i>k3_<tn>
Запас до кавитации, м воды	F_R_4	Не применимо для вентилятора	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Относительная частота вращения	F_R_3	Частота вращения, отнесённая к номинальной частоте вращения вентилятора. При автономной работе модели будет константой. После интеграции рассчитывается в компоненте и является входной величиной для модели вентилятора	<sn>n<KKS>_<tn>
Площадь кольцевого зазора при обратном токе, м ²	F_R_6	Площадь поперечного сечения зазора между корпусом вентилятора и вращающейся частью.	<sn>cpmp<i>bfs_<tn>
Проводимость пути при обратном токе	F_R_7	Проводимость зазора между корпусом вентилятора и вращающейся частью, сопротивление линии обратного тока через вентилятор. Значение [от 0 до 1].	<sn>cpmp<i>adbf_<tn>
Коэффициент распределения механической мощности	F_R_10	Значение [от 0 до 1], по умолчанию 0.25. Определяет доли мощности, идущие на создание напора и расхода. Если равен 0, то мощность вычисляется только по напору, если 1 – только по расходу.	<sn>cpmp<i>wd_<tn>
Коэффициент влияния кавитации	F_R_12	Не применимо для вентилятора	
Имя переменной состояния	state_name		
Постоянный индекс	is_const_index	При задании индекса номер вентилятора в массиве насосов остаётся постоянным при изменении схемы.	
Индекс в массиве	index	Информация: номер	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		объекта в массиве.	
Время включения/выключения	time_opening	Используется только при автономной работе, без компонента.	
Имя в s3	trans_name	Информация: имя объекта при генерации переменных.	

Примечание: <sn> - имя системы, <tn> - номер задачи, <i> - номер вентилятора.

2.4.4 Задвижка (вентиль) CMS

Варианты задвижек приведены на Рисунок 5 —:

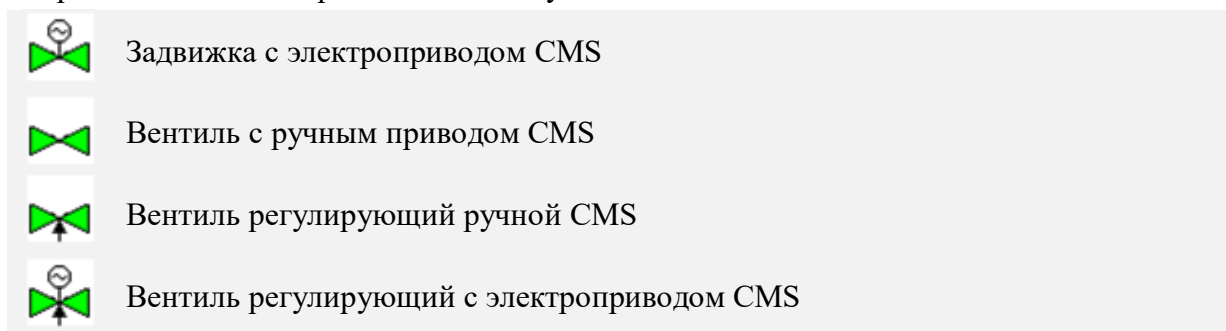


Рисунок 5 – Задвижка (вентиль) CMS

Перечисленные блоки с точки зрения расчетного кода являются одним и тем же объектом, задающим относительное проходное сечение линии связи, на которой они размещены. Отличия между блоками заключаются только во внешнем виде, что имеет исключительно оформительское значение (для удобства чтения расчетной схемы). Различия в графическом отображении вызваны тем, что для задвижек по-разному вычисляется их положения, какие-то задвижки можно вручную открывать/закрывать, какие-то управляются регулятором, какие-то можно переключать с ручного управления в автоматическое, какие-то из них могут занимать промежуточное значение, а какие-то движутся только на закрытие/открытие.

Блоки предназначены для имитации функции задвижки (вентиля), функционирующего с привязкой к блоку управления подсистемы автоматики.

Задвижка (вентиль) считывает переменную v , вида <имя_системы> v <имя_задвижки> - относительный ход штока задвижки, который изменяется от 0 до 1 и рассчитывается во внешней задаче (как правило, в компонентах), и вычисляет относительное проходное сечение <имя_системы> va <имя_задвижки>, в зависимости от выбранного типа характеристики задвижки. По умолчанию задвижка имеет линейный тип характеристики, для которого $va = v$. Значению 0 соответствует полностью закрытое положение задвижки, 1 – полностью открытое положение.

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

В случае если v рассчитывается в компонентах, это настраивается в расчетной схеме в свойствах решателя опцией «Формат имени переменных состояния насосов и задвижек», тогда вид входной переменной для задвижек становится равным $gcv<имя_задвижки>$, а не $<имя_системы>v<имя_задвижки>$.

У задвижки есть также задаваемое минимальное проходное сечение $vm = mins$, которое учитывается при вычислении va , а именно: $va = \max(va, vm)$. Если $mins$ не нулевое, то через полностью закрытую задвижку все равно возможен расход (пропуск задвижки).

Далее, на основе посчитанной относительной площади va вычисляется степень открытия линии связи – это переменные вида $vlvpp$, $vlvpv$, $vlvvv$, $vlvpbc$, $vlvvbc$ (в зависимости от типа линии связи, на которой размещена задвижка). На каждой линии связи в расчетной схеме допустимо размещать 0, 1, 2 или 3 объекта типа «задвижка». Если нужно разместить более трёх задвижек, стоящих последовательно, необходимо добавить узел в расчетную схему, и задвижки ставить на разные линии.

В случае если на линии связи нет задвижек, то её vlv принимается равным 1, по умолчанию. Пользователь может произвольно его менять, в этом случае vlv в коде не вычисляется.

В случае если на линии связи стоит 1 задвижка, $vlv = va1$ для этой линии и одной задвижки.

В случае двух задвижек на линии, $vlv = va1 \cdot va2 / (va1 + va2 - va1 \cdot va2)$.

В случае трёх задвижек на линии, $vlv = va1 \cdot va2 \cdot va3$, где $va1$, $va2$, $va3$ – относительные проходные сечения задвижек 1, 2 и 3, соответственно.

Возможные типы расходных характеристик задвижек (клапанов).

В зависимости от типа, выбранного пользователем, va может быть рассчитана по разным зависимостям:

- 0) $va(v) = v$ – характеристика по умолчанию, линейная.
- 1) $va(v) = \sqrt{v}$ – квадратный корень, или т.н. "быстрое открытие", при малом открытии задвижки даёт быстрое увеличение расхода.
- 2) $va(v) = v^2$ – параболическая характеристика.
- 3) $va(v) = mina \cdot \left(\frac{1}{mina}\right)^v$ – равнопроцентная по расходу. Это показательная функция, такой клапан всегда имеет пропуск, $mina$ (задаётся в свойствах блока). Задавая разный $mina$, можно «настраивать» вид (крутизну) этой характеристики. В коде добавлено ограничение снизу, $mina$ не может быть меньше чем $1e-6$.

4) $va(v)$ интерполируется по произвольно задаваемым массивам относительных положений штока и относительных площадей проходного сечения, от [0 до 1].

5) $va(v)$ интерполируется по массивам относительных положений [0...1] и Kv . Kv может задаваться от [0 до $Kvmax$], далее происходит нормировка на $Kvmax$.

Внешний вид расходных характеристик 0, 2 и 3, приведён на рисунке:

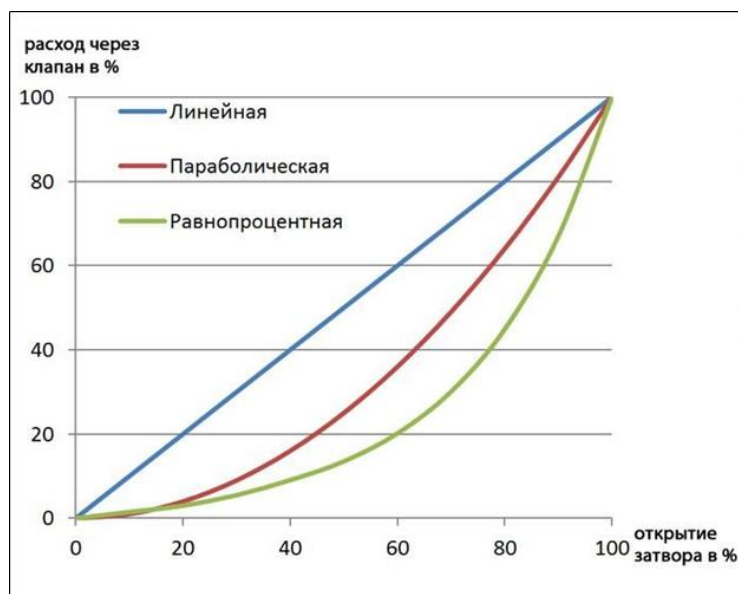


Рисунок 6 – Внешний вид расходных характеристик

Таблица 3 – Свойства блока «Задвижка (вентиль) CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Начальное положение штока (0..1)	valve_pos	Значение [0...1]	
Минимальное отн.проходное сечение ($0 \leq \text{mins} < 1$)	mins	Значение [0...1)	<sn>vm<KKS>
Порог мигания, %/сек	flash_rate	Выбор от 0 до 5	
Тип характеристики (зависимости $\text{vlv} \sim a(\text{valve_pos})$)	valve_type	- линейная ($a = \text{valve_pos}$); - быстрое открытие ($a = \text{valve_pos}^{0,5}$); - параболическая ($a = \text{valve_pos}^2$); - равнопроцентная по расходу ($a = \min(a) \cdot (1/\min(a)) \cdot \text{valve_pos}$); - зависимость $a(\text{valve_pos})$; - зависимость $K_v(\text{valve_pos})$	
Положения штока valve_pos (0..1) для характеристики	pos_arr	Массив используется только для двух последних типов характеристики, размерности должны совпадать.	<sn>vap<KKS>
Относительные площади проходного сечения a (0..1) или K_v для характеристики	vlv_arr	Массив используется только для двух последних типов характеристики, размерности массивов должны совпадать.	<sn>vaa<KKS>
Минимальное отн.проходное	mina	Значение используется только для равнопроцентной	<sn>vmina<KKS>

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
сечение (1e-6 ≤ m _{ina} < 1) для равнопроцентной характеристики		характеристики. Значение задаётся из диапазона [1e-6...1).	
Имя в s3 (для просмотра)	trans_name	Уникальное имя для информации	

Примечание: <sn> - имя системы, <KKS> - имя задвижки (вентиля) по коду KKS.

2.4.5 Обратный клапан CMS

Обратный клапан (Рисунок 7 –) - вид защитной трубопроводной арматуры, предназначенный для недопущения изменения направления потока среды в технологической системе.

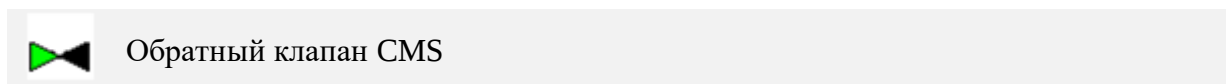


Рисунок 7 – Обратный клапан

Обратный клапан - вид защитной трубопроводной арматуры, предназначенный для недопущения изменения направления потока среды в технологической системе. Обратные клапаны пропускают среду в одном направлении и предотвращают ее движение в противоположном, действуя при этом автоматически и являясь арматурой прямого действия (наряду с предохранительными клапанами и регуляторами давления прямого действия). С помощью такой арматуры возможно защитить различное оборудование, трубопроводы, насосы и сосуды под давлением, увеличить продолжительность работы оборудования, а также существенно ограничить течь рабочей среды из системы при разрушении ее участка.

Блок представляет собой модель обратного клапана, который самостоятельно изменяет своё положение в зависимости от своих настроек и перепада давления на канале, где установлен клапан.

Если перепад давления больше, чем «Давление открытия», клапан полностью открывается.

Если перепад давления меньше, чем «Давление закрытия», клапан полностью закрывается.

Если перепад давления на клапане находится в диапазоне между давлениями «Давление открытия» и «Давление закрытия», то клапан будет находиться в промежуточном положении, линейно пропорционально текущему перепаду давления.

Пропуск обратного клапана определяет его проводимость (переменную vlv для канала) при полностью закрытом положении. Скорость перемещения клапана задается свойством «Скорость открытия».

Таблица 4 – Свойства блока «Обратный клапан CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Направление	valve_type	Закрытое направление (прямое или обратное), относительно направления канала на схеме.	
Тип	chk_type	Обычный или управляемый. Обычный клапан изменяет свое положение автономно, только по давлению. Управляемый клапан может быть принудительно открыт через компонент, даже при давлении, меньшем чем «Давление закрытия».	-
Пропуск	min_hole	Минимальная vlv, передаваемая в канал при полностью закрытом клапане (при любом положении vlv будет не менее заданной).	<sn>vmin<KKS>
Начальное положение	valve_pos	Начальное положение клапана	<sn>vchk<KKS>
Перепад давления открытия, Па	p_open	Перепад на клапане, при котором клапан будет полностью открыт. При большем перепаде клапан будет также открыт.	<sn>popn<KKS>
Перепад давления закрытия, Па	p_close	Перепад на клапане, при котором клапан будет полностью закрыт. При меньшем перепаде клапан будет также закрыт.	<sn>pcls<KKS>
Скорость открытия, 1e4/(с·Па)	open_speed	Скорость перемещения штока клапана.	<sn>vrate<KKS>
Наличие отказа	have_malfunction	Наличие возможности вводить на клапан компонентный отказ. Предусмотрена реакция на 4 отказа: 1. Застревание клапана в открытом положении. 2. Застревание клапана в закрытом положении.	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		3. Застревание клапана в промежуточном положении при открытии или закрытии клапана. 4. Пропуск клапана в закрытом положении.	
Задействовать анимацию	aniflag	Анимировать или нет клапан на расчетной схеме.	
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство.	

Примечание: <sn> - имя системы, <KKS> - имя клапана по коду KKS.

2.4.6 Предохранительный клапан CMS

Предохранительный клапан (Рисунок 8 — трубопроводная арматура, предназначенная для защиты от механического разрушения оборудования и трубопроводов избыточным давлением путём автоматического выпуска избытка жидкой, паро- и газообразной среды из систем и сосудов с давлением сверх установленного).



Предохранительный клапан CMS

Рисунок 8 – Предохранительный клапан CMS

Клапан также должен обеспечивать прекращение сброса среды при восстановлении рабочего давления. Предохранительный клапан является арматурой прямого действия, работающей непосредственно от рабочей среды, наряду с большинством конструкций защитной арматуры и регуляторами давления прямого действия.

Блок представляет собой модель предохранительного клапана, который самостоятельно изменяет своё положение в зависимости от настроек и перепада давления на клапане (на канале, где установлен клапан).

Модель повторяет блок «Обратный клапан CMS», отличие только в визуальном отображении блока на схеме.

Если перепад давления больше, чем «Давление открытия», клапан полностью открывается.

Если перепад давления меньше, чем «Давление закрытия», клапан полностью закрывается.

Если перепад давления на клапане находится в диапазоне между давлениями «Давление открытия» и «Давление закрытия», то клапан будет находиться в промежуточном положении, линейно пропорционально текущему перепаду давления.

Пропуск предохранительного клапана определяет его проводимость (переменную *vlv* для канала), при полностью закрытом положении. Скорость перемещения клапана задается свойством «Скорость открытия».

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Таблица 5 – Свойства блока «Предохранительный клапан CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Направление	valve_type	Закрытое направление (прямое или обратное), относительно направления канала на схеме.	
Тип	chk_type	Обычный или управляемый. Обычный клапан изменяет свое положение автономно, только по давлению. Управляемый клапан может быть принудительно открыт через компонент, даже при давлении, меньшем чем «Давление закрытия».	
Пропуск	min_hole	Минимальная v_{lv} , передаваемая в канал при полностью закрытом клапане (при любом положении v_{lv} будет не менее заданной).	<sn>vmin<KKS>
Начальное положение	valve_pos	Начальное положение клапана	<sn>vchk<KKS>
Перепад давления открытия, Па	p_open	Перепад на клапане, при котором клапан будет полностью открыт. При большем перепаде клапан будет также открыт.	<sn>popn<KKS>
Перепад давления закрытия, Па	p_close	Перепад на клапане, при котором клапан будет полностью закрыт. При меньшем перепаде клапан будет также закрыт.	<sn>pcls<KKS>
Скорость открытия, $1e4/(с \cdot Па)$	open_speed	Скорость перемещения штока клапана.	<sn>vrate<KKS>
Наличие отказа	have_malfunction	Наличие возможности вводить на клапан компонентный отказ. Предусмотрена реакция на 4 отказа: 1. Застревание клапана в открытом положении. 2. Застревание клапана в закрытом положении.	

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

		3. Застревание клапана в промежуточном положении при открытии или закрытии клапана. 4. Пропуск клапана в закрытом положении.	
Задействовать анимацию	aniflag	Анимировать или нет клапан на расчетной схеме.	
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство.	

Примечание: <sn> - имя системы, <KKS> - имя клапана по коду KKS.

2.4.7 Трехходовый клапан CMS

Трехходовые клапаны (Рисунок 9 –) относятся к регулирующей трубопроводной арматуре и служат для изменения параметров среды за счет смешения или распределения потоков жидкости.



Трехходовый клапан CMS

Рисунок 9 – Трехходовый клапан CMS

Блок является расчётным узлом с одной линией входа и двумя линиями выхода. Линия входа «>» (в арматуру) – это входной поток, параметры которого нужно изменить. Линии выхода «>» (из арматуры) - выходные потоки с измененными параметрами.

2.4.8 Четырехходовый клапан CMS

Четырехходовые клапаны (Рисунок 10 –) относятся к регулирующей трубопроводной арматуре и служат для изменения параметров среды за счет смешения или распределения потоков жидкости.



Четырехходовый клапан CMS

Рисунок 10 – Четырехходовый клапан CMS

Блок является расчётным узлом с двумя линиями входа и двумя линиями выхода. Линии входа «>» (в арматуру) – это входные потоки, параметры которых нужно изменить. Линии выхода «>» (из арматуры) - выходные потоки с измененными параметрами.

2.4.9 Регулятор CMS

Регулятор CMS (Рисунок 11 –) представляет собой вспомогательный элемент модель ПИ-регулятора, совмещенного с задвижкой, которая используется при автономной отладке расчетной схемы, или в сходных ситуациях, когда нужно обеспечить регулирование какой-либо величины без наличия алгоритмов управления и регулирования в проекте.



Регулятор CMS

Рисунок 11 – Регулятор CMS

Под регулирующим параметром понимается какая-либо входная величина для кода (например, давление, расход, температура), которую код не вычисляет самостоятельно, но

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

использует при вычислениях, и она оказывает воздействие на модель. Регулирующий параметр является выходным для регулятора.

Таблица 6 – Свойства блока «Регулятор CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Имя регулируемого параметра	control_param	Имя переменной, вычисляемой кодом CMS, которую регулятор будет поддерживать в заданном значении	<sn>pregpp<i>_<tn> зависит от типа канала (может быть p-v, p-bc, v-v, v-bc)
Уставка регулируемого параметра	level	Заданное значение, которое требуется поддерживать.	<sn>pset<i>_<tn>
Минимум регулируемого параметра	min_value	Минимальное значение регулируемого параметра, которое может поддерживать регулятор.	<sn>pmin<i>_<tn>
Максимум регулируемого параметра	max_value	Максимальное значение регулируемого параметра, которое может поддерживать регулятор	<sn>pmax<i>_<tn>
Время осреднения регулируемого параметра	time	Период времени, за который происходит усреднение значения регулируемого параметра (используется для сглаживания кривой регулируемого параметра).	<sn>ktau<i>_<tn>
Пропорциональный коэффициент	k_line	Коэффициент, который умножается на разность между текущим значением регулируемого параметра заданным. Чем больше эта разность (ошибка регулирования), тем больше будет управляющий сигнал. Пропорциональный коэффициент играет роль усиления ошибки регулирования.	<sn>kprop<i>_<tn>
Интегральный коэффициент	k_integr	Данный коэффициент позволяет устранить ошибку регулирования. Чем выше составляющая, тем быстрее будет происходить коррекция	<sn>kint<i>_<tn>

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		ошибки регулирования.	
Зона нечувствительности	dead_band	Диапазон значений регулируемого параметра, при выходе из которого выдается управляющий сигнал регулятором.	<sn>delt <i>i</i> _<tn>
Минимум управляющего параметра	master_min	Минимальная величина выхода регулятора (как правило, 0)	<sn>pomin <i>i</i> _<tn>
Максимум управляющего параметра	master_max	Максимальная величина выхода регулятора (как правило, 1)	<sn>pomax <i>i</i> _<tn>
Имя в s3 (для просмотра)	trans_name	Справочная информация	
Время удержания сигнала, с	imp_time	Время с момента выхода значения регулируемого параметра за пределы зоны нечувствительности, в течение которого не подается управляющего сигнала на регулятор (не изменяется регулирующая величина).	<sn>timp <i>i</i> _<tn>
Шаг параметра	step	С каким шагом изменять управляющий параметр	<sn>vstep <i>i</i> _<tn>

Примечание: <sn> - имя системы, <tn> – номер задачи; <i> – номер канала типа «узел-узел».

2.4.10 Эжектор CMS

Газовым эжектором (Рисунок 12 –) (или струйным насосом для жидкостей) называется аппарат, в котором полное давление эжектируемого потока увеличивается под действием струи другого, более высоконапорного эжектирующего потока. Передача энергии от одного потока к другому происходит путем их турбулентного смешения.



Эжектор CMS

Рисунок 12 – Эжектор CMS

На практике эжекторы выполняют функции насоса, вентилятора, эксгаустера, компрессора.

Независимо от назначения эжектора в нем всегда имеются следующие конструктивные элементы: сопло высоконапорного (эжектирующего) газа или жидкости, сопло низконапорного (эжектируемого) газа или жидкости, смесительная камера и, обычно, диффузор.

Обобщенная схема эжектора приведена на Рисунок 13 –



Рисунок 13 – Обобщенная схема эжектора

Эжектор CMS представляет собой расчётный узел с двумя линиями входа и одной линией выхода. Горизонтальная линия входа (в кружок) – это эжектирующая линия, создающая разрежение. Вертикальная линия входа (сбоку) – эжектируемая линия, по которой среда вытягивается за счёт разрежения. Горизонтальная линия выхода (из раструба) – выход суммарного расхода.

Эжектор считается узловым блоком и индексируется последовательно в том же массиве, что и узлы. Индексацию CMS может проводить автоматически, но в процессе разработки модели эту автоматизацию лучше выключить на каком-то этапе, чтобы не сбивать привязку рукописного пользовательского кода к тем или иным элементам.

Рекомендации по настройке эжектора CMS:

- закрыть эжектируемую линию, обнулив временно положение задвижки или проводимость линии;
- изменяя площадь входа в эжектор эжектирующей линии, подобрать необходимый расход через неё, который, как правило, указан в описании эжектора;
- восстановить полную проводимость эжектируемой линии. Изменением площади её входа в эжектор подобрать максимальный расход.

Таблица 7 – Свойства блока «Эжектор CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Площадь линии подачи, м ²	F_R_2_ej	Площадь канала подачи среды (эжектирующая жидкость)	<sn>ceject<i>sing_<tn>
Площадь линии отбора, м ²	F_R_3_ej	Площадь канала эжектируемой среды.	<sn>ceject<i>sed_<tn>
Коэффициент потери потока	f_r_1_ej	Коэффициент потери потока	<sn>ceject<i>kloss_<tn>
Начальная температура в узле, К	F_R_12	Начальная температура в эжекторе (в узле эжектора).	<sn>tpnt_<tn>(j)
Начальное давление в узле, Па	F_R_13	Начальное давление в узле.	<sn>ppnt_<tn>(j)
Начальная суммарная концентрация пара и газов	F_R_14	Начальная концентрация пара и газов в узле эжектора.	<sn>csgaspnt_<tn>
Температура окружающей	F_R_17	Константа, для температуры	<sn>tambpnt_<tn>

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
среды, К		окружающей среды вокруг узла.	
Суммарная теплоёмкость металла, Дж/К	F_R_18	Теплоёмкость стенки узла.	<sn>kmcpnt_<tn>
Вычислять коэффициенты теплоотдачи	k_flag	Если «Да», то коэффициенты пересчитываются автоматически. Если «Нет», то CMS не вычисляет коэффициенты – тогда они или константы, или пользователь может самостоятельно их вычислять.	-
Коэффициент теплоотдачи к металлу, Вт/(м²·К)	F_R_19	Начальное значение коэффициента теплоотдачи от теплоносителя к стенке.	<sn>kalfpnt_<tn>(<j>,1)
Коэффициент теплопередачи окр.среда-металл, Вт/(м²·К)	F_R_20	Начальное значение коэффициента теплоотдачи от стенки к окружающей среде.	<sn>kalfpnt_<tn>(<j>,2)
Объём узла, м³	F_R_22	Объём узла эжектора.	<sn>vpnt_<tn>
Уровень узла, м	F_R_23	Уровень нижней образующей узла, относительно нулевой отметки проектируемого объекта (АЭС, ТЭЦ и т.п.).	<sn>zpnt_<tn>
Высота объекта точки, м	F_R_31	Размер по высоте узла, от нижней образующей до верхней.	<sn>znode_<tn>
Тип эквивалентного газа	gas_type	"Воздух"/"Не воздух". Если выбран не воздух, то состав определяется нижеперечисленными концентрациями газов, суммарная концентрация которых не должна превышать 1.	-
Концентрация воздуха	F_R_0	Начальная концентрация воздуха в узле (если задан	<sn>cgasptnt_<tn>(<j>,1/Ngas)

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		«Воздух»).	
Концентрация O ₂	F_R_201	Начальная концентрация кислорода (если задан «Не воздух»).	
Концентрация N ₂	F_R_202	Начальная концентрация азота (если задан «Не воздух»).	
Концентрация H ₂	F_R_203	Начальная концентрация водорода (если задан «Не воздух»).	
Концентрация CO	F_R_204	Начальная концентрация угарного газа (если задан «Не воздух»).	
Концентрация CO ₂	F_R_205	Начальная концентрация углекислого газа (если задан «Не воздух»).	
Концентрация H ₂ S	F_R_206		
Концентрация COS	F_R_207		
Концентрация SO ₂	F_R_208		
Концентрация CS ₂	F_R_209		
Концентрация NH ₃	F_R_210		
Концентрация CH ₄	F_R_211		
Концентрация XXX	F_R_212		
Концентрация XXX	F_R_213		
Концентрация XXX	F_R_214		
Концентрация XXX	F_R_215		
Концентрация XXX	F_R_216		
Концентрация XXX	F_R_217		
Массовая концентрация 1-й примеси	F_R_6	Начальная концентрация.	<sn>cxlпnt_<tn> <sn>cxvgpnt_<tn>
Массовая концентрация 2-й примеси	F_R_7	Начальная концентрация.	
Массовая концентрация 3-й примеси	F_R_8	Начальная концентрация.	
Массовая концентрация 4-й примеси	F_R_9	Начальная концентрация.	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Массовая концентрация 5-й примеси	F_R_10	Начальная концентрация.	
Массовая концентрация 6-й примеси	F_R_11	Начальная концентрация.	
Флаг наличия коррозии	corrflag	Рассчитывать или нет коррозию.	-
Коэффициент скорости коррозии	corrcoef	Настроенный коэффициент.	
Постоянный индекс	is_const_index	При задании индекса номер элемента соответствующего массива остаётся постоянным при изменении схемы.	-
Индекс эжектора	eject_index	Информация (номер объекта в массиве эжекторов).	-
Индекс узла	index	Информация (номер объекта в массиве узлов).	-
Теплопроводность стенки, Вт/(м·К)	F_R_30	Для расчета теплоотдачи к окружающей среде.	
Толщина стенки, м	F_R_29	Для расчета теплоотдачи к окружающей среде.	<sn>dmpnt_<tn>

Примечание: <sn> - имя системы, <tn> - номер задачи, <i> - эжектора, <j> - номер узла.

2.4.11 Фильтр CMS

Фильтр CMS (Рисунок 14 –представляет собой модель идеального фильтра, который задерживает определенную пользователем долю примесей теплоносителя. Фильтр позволяет фильтровать только примеси, то есть пассивные добавки к теплоносителю, не влияющие на массу и на его физические свойства.

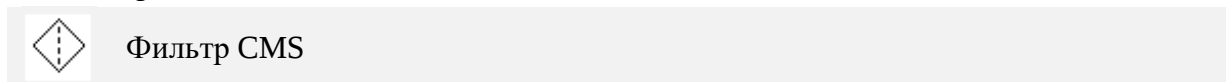


Рисунок 14 – Фильтр CMS

Пример задачи с фильтром:

Теплоноситель с расходом 1 кг/с и с примесью 10 г/кг проходит через фильтр с коэффициентом фильтрации 0.4, следовательно, в выходной узел попадает уже теплоноситель с примесью 6 г/кг.

Таблица 8 – Свойства блока «Фильтр CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
К-т сепарации для 1-й примеси	F_R_6	Значение $[0 \sim 1]$, 0 - вся примесь проходит сквозь фильтр, 1 - вся примесь задерживается. Промежуточное число между 0 и 1 определяет долю задерживаемой примеси в фильтре.	
К-т сепарации для 2-й примеси	F_R_7	Аналогично задаются все остальные коэффициенты сепарации.	
К-т сепарации для 3-й примеси	F_R_8	Аналогично задаются все остальные коэффициенты сепарации.	
К-т сепарации для 4-й примеси	F_R_9	Аналогично задаются все остальные коэффициенты сепарации.	
К-т сепарации для 5-й примеси	F_R_10	Аналогично.	
К-т сепарации для 6-й примеси	F_R_11	Аналогично.	

2.4.12 Ротор CMS

Ротор CMS (Рисунок 15 – представляет собой модель вращающейся массы, на которую действуют моменты сил от оборудования (ступеней турбины, компрессоров, насосов, электрогенератора, момент сил трения и т.п.). Сама инерция вращения (масса) моделируется вне модели ротора CMS, например, в математической модели электрогенератора.



Ротор CMS

Рисунок 15 – Ротор CMS

Блок используется для суммирования мощностей от различных ступеней турбины, а также для визуального отображения тех ступеней турбины и другого оборудования расчетной схемы, которое расположено на одном и том же валу; и вычисления суммарной мощности на валу ротора.

Таблица 9 – Свойства блока «Ротор CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Количество механических портов	NMech	Количество механических портов блока	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Постоянный индекс	is_const_index	Если установлено «Да», то Сапфир не пересчитывает индекс у данного блока. Если «Нет», Сапфир может автоматически отсортировать и присвоить другой индекс блока.	
Индекс в массиве	index	Номер ротора в списке роторов схемы.	

Примечание: <sn> - имя системы, <tn> - номер задачи

2.4.13 Ступень турбины CMS

Ступень турбины CMS (Рисунок 16 –) реализует расчёт параметров пара, совершившего работу на лопастях турбины.



Ступень турбины CMS

Рисунок 16 – Ступень турбины CMS

Если в проточной части турбины расположено несколько отборов пара, необходимо перед каждым из них поставить объект «Ступень турбины CMS».

Таблица 10 – Свойства блока «Ступень турбины CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Включить порт для подключения к ротору	rotor_port	Да/Нет	
Внутренний КПД турбины	intkpd	Значение [0 ~ 1], 1 – максимальный КПД.	<sn>keff_<tn>(i)
Номинальная скорость пара в турбине, м/с	vnom	Скорость пара в пределах проточной части данной ступени.	<sn>vnomturb_<tn>(i)
Коэффициент потерь в турбине	kloss	Коэффициент потери тепловой энергии	<sn>klossturb_<tn>(i)
Постоянный индекс	is_const_index	При задании индекса номер элемента соответствующего массива остаётся постоянным при изменении схемы.	
Индекс в массиве	index	Информация (номер объекта в массиве).	

Примечание: <sn> - имя системы, <tn> - номер задачи

2.4.14 Датчики CMS



Датчики привязываются к узлам, трубопроводам, бакам в зависимости от требуемых показаний. Например, расходомеры ставятся на канал, а датчики температуры, давления ставятся на узел или бак.

Датчик находится во вкладке «Технологические блоки» и в свойствах объекта в зависимости от места установки, выбирается измеряемый параметр.

2.4.14.1 Датчик CMS

Датчик CMS (Рисунок 17 –) представляет собой модель датчика (точки контроля) с инерционностью (запаздыванием), возможностью вводить шкалу (минимум и максимум) и диапазон измерения в произвольных единицах измерения.



Рисунок 17 – Датчик CMS

Перевод из расчетной величины в измеряемую производится по линейной формуле с задаваемым смещением и коэффициентом усиления.

Таблица 11 – Свойства блока «Датчик CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Дифференциальный вход	diff_meter	Да/Нет	-
Тип датчика	meter_type	Выбор типа измеряемого параметра, в зависимости от этого свойства входная величина датчика будет принимать разное имя. Выбор зависит от типа объекта, на котором размещен датчик.	
Точка отнесения для каналов	main_point	Для датчика, размещённого на канале, информация о том, из какого узла (начало/конец канала) брать измеряемый параметр при отсутствии расхода.	
Уровень датчика для баков, м	Level	Уровень датчика в баке относительно дна	<sn>yх<KKS>lev
Номер газа	gas_number	Для измерения концентрации газа.	
Номер примеси	imp_number	Для измерения концентрации примеси.	
Значение при обесточивании	off_value_type	Значение, которое датчик покажет при его	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		обесточивании.	
Имя шины питания	el_name	Имя переменной, имя шины, от которой записывается датчик.	
Минимальное значение, е.и. датчика	minimum	Минимальное значение	<sn>yx<KKS>min
Максимальное значение, е.и. датчика	maximum	Максимальное значение	<sn>yx<KKS>max
Коэффициент усиления	koefficient	Коэффициент усиления	<sn>yx<KKS>kf
Смещения нуля	zero_shift	Смещения нуля	<sn>yx<KKS>shi
Постоянная времени, с	time	Инерция (примерно за это время параметр достигнет стационарного значения)	
Уровень шума (доля от максимума)	noise	Колебания параметра вокруг расчётного значения	<sn>yx<KKS>noi
Формат числа	num_format	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Общее кол-во знаков	precision	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Кол-во знаков после запятой	digits	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Размерность	unit	Строковое свойство, размерность измеряемой величины.	
Описание	description	Строковое свойство, описание точки контроля.	
Использовать remote function для управления уровнем на инструкторской станции	enable_level_rf	Да/Нет	
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство	

Примечание :<sn> – имя системы; <KKS> – имя по коду KKS

2.4.15 Дифференциальный датчик CMS

Дифференциальный датчик CMS (Рисунок 18 –) представляет собой модель датчика (точки контроля) с инерционностью (запаздыванием), возможностью вводить шкалу (минимум и максимум) и диапазон измерения в произвольных единицах измерения.



Дифференциальный датчик CMS

Рисунок 18 – Дифференциальный датчик CMS

Дифференциальный датчик измеряет разницу между расчетными величинами двух объектов CMS – двух узлов, или двух баков.

Перевод из расчетной величины в измеряемую производится по линейной формуле с задаваемым смещением и коэффициентом усиления.

Таблица 12 – Свойства блока «Дифференциальный датчик CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Дифференциальный вход	diff_meter	Да/Нет	
Тип датчика	meter_type	Выбор типа измеряемого параметра, в зависимости от этого свойства входная величина датчика будет принимать разное имя. Выбор зависит от типа объекта, на котором размещен датчик.	
Точка отнесения для каналов	main_point	Для датчика, размещённого на канале, информация о том, из какого узла (начало/конец канала) брать измеряемый параметр при отсутствии расхода.	
Уровень датчика для баков, м	Level	Уровень датчика в баке относительно дна	<sn>yх<KKS>lev
Номер газа	gas_number	Для измерения концентрации газа.	
Номер примеси	imp_number	Для измерения концентрации примеси.	
Значение при обесточивании	off_value_type	Значение, которое датчик покажет при его обесточивании.	
Имя шины питания	el_name	Имя переменной, имя шины, от которой записывается датчик.	
Минимальное значение, е.и. датчика	minimum	Хмин	<sn>yх<KKS>min
Максимальное значение, е.и. датчика	maximum	Хмакс	<sn>yх<KKS>max
Коэффициент усиления	koefficient	Ку	
Смещения нуля	zero_shift	Ксн	
Постоянная времени,	time	Кин – инерция (примерно за это	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
с		время параметр достигнет стационарного значения)	
Уровень шума (доля от максимума)	noise	Колебания параметра вокруг расчётного значения	<sn>yx<KKS>shi
Формат числа	num_format	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Общее кол-во знаков	precision	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Кол-во знаков после запятой	digits	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Размерность	unit	Строковое свойство, размерность измеряемой величины.	
Описание	description	Строковое свойство, описание точки контроля.	
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство	

Примечание :<sn> – имя системы; <KKS> – имя по коду KKS

2.4.16 Датчик произвольной величины CMS

Датчик произвольной величины CMS (Рисунок 19 –) представляет собой модель датчика, аналогично блоку «Датчик CMS». Отличие заключается в том, что входной величиной может выступать любая расчетная переменная кода CMS, или другого расчетного модуля в составе проекта.

 Датчик произвольной величины CMS

Рисунок 19 – Датчик произвольной величины CMS

Тип датчика может быть указан любой – это влияет только на внешнее отображение блока на расчетной схеме.

Таблица 13 – Свойства блока «Датчик произвольной величины CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Тип датчика	meter_type	Тип измеряемого параметра, в зависимости от этого свойства будет указан тип датчика на расчетной схеме. На расчет не влияет.	
Имя измеряемой переменной	varname	Имя входной переменной (содержащей входную расчетную величину)	
Значение при обесточивании	off_value_type	Значение, которое датчик покажет при его обесточивании.	
Имя шины питания	el_name	Имя переменной, имя шины, от	

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
		которой записывается датчик.	
Минимальное значение	minimum	Хмин	<sn>yх<KKS>min
Максимальное значение	maximum	Хмакс	<sn>yх<KKS>max
Коэффициент усиления	koefficient	Ку	<sn>yх<KKS>kf
Смещения нуля	zero_shift	Ксн	<sn>yх<KKS>shi
Постоянная времени, с	time	Кин – инерция (примерно за это время параметр достигнет стационарного значения)	
Уровень шума (доля от максимума)	noise	Колебания параметра вокруг расчётного значения	<sn>yх<KKS>noi
Формат числа	num_format	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Общее кол-во знаков	precision	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Кол-во знаков после запятой	digits	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Размерность	unit	Строковое свойство, размерность измеряемой величины.	
Описание	description	Строковое свойство, описание точки контроля.	
Показать имя переменной	showvarname	Отображать или нет на схеме имя измеряемой переменной.	
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство.	

Примечание :<sn> – имя системы; <KKS> – имя по коду KKS

2.4.17 Датчик произвольной дискретной величины CMS

Датчик произвольной дискретной величины (Рисунок 20 –) предназначен для вывода логической переменной, которая может быть равна нулю или единице.



Датчик произвольной дискретной величины CMS

Рисунок 20 – Датчик произвольной дискретной величины CMS

Входная величина должна быть также переменной с типом данных логическая.

Для данного датчика генерируются всего две переменные:

- ух<KKS>par – входная переменная (следует задавать в пользовательском коде),
- ух<KKS> - выходная переменная.

Таблица 14 – Свойства блока «Датчик произвольной дискретной величины CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
----------	--------------	----------	---------------------------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Имя измеряемой переменной	varname	Имя входной переменной (содержащей входную расчетную величину)	
Описание	description	Строковое свойство, описание точки контроля.	
Идентификатор дискретного датчика	dis_type		
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство.	

Примечание :<sn> – имя системы; <KKS> – имя по коду KKS

2.4.18 Индикатор произвольной величины CMS

Индикатор произвольной величины CMS (Рисунок 21 –) не является расчетным и служит только для запроса указанной переменной из задачи в режиме отладки, когда требуется вывести на расчетную схему текущее значение той или иной расчетной величины.

 Индикатор произвольной величины CMS

Рисунок 21 – Индикатор произвольной величины CMS

Таблица 15 – Свойства блока «Индикатор произвольной величины CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Тип датчика	meter_type	Индикативный параметр, влияет только на отображение блока на схеме	
Имя переменной	varname	Имя измеряемой (отображаемой) величины индикатора	
Новое значение переменной	newvalue	Используется для задания нового значения измеряемой переменной, в режиме отладки. В том случае, если индицируемая величина не вычисляется ни одним из расчетных модулей. Либо в режиме FREEZE (пауза) тренажера.	
Формат числа	num_format	Влияет на отображение величины на расчетной схеме.	
Общее кол-во знаков	precision	Влияет на отображение величины на расчетной схеме.	
Кол-во знаков после запятой	digits	Влияет на отображение величины на расчетной схеме.	
Размерность	unit	Для информации.	
Описание	description	Для информации.	
Показать имя	showvarname	Влияет на отображение блока на	

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
переменной		расчетной схеме.	

2.4.19 Блок «Температуры насоса CMS»

Блок «Температуры насоса CMS» (Рисунок 22 –) представляет собой модель металла (подшипники, опоры, корпус и т.п.), который есть в составе насоса или вентилятора, с подводимым охлаждением.



Блок «Температуры насоса CMS»

Рисунок 22 – Блок «Температуры насоса CMS»

Используется для расчёта любого количества любых температур, замеры которых есть на насосе или вентиляторе. Если насос / вентилятор имеет один источник охлаждающей среды, то для него необходимо установить один объекта типа «Температуры насоса/вентилятора CMS» и один объект «Датчик температур насоса CMS». Если два или более - необходимо использовать такое же количество объектов.

Таблица 16 – Свойства блока «Температуры насоса CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Наличие теплового порта	Nheatport	Да/Нет	
Расход охлаждающей жидкости, кг/с	fl	Расход теплоносителя	<sn>f<Name>
Входная температура охлаждающей жидкости, К	tl	Температура охлаждающей подаваемой внешней среды	<sn>t<Name>
Теплоёмкость охлаждающей жидкости, Дж/(кг·К)	cpl	Теплоёмкость охлаждающей среды	<sn>cp<Name>
Температура окружающей среды, К	tamb	Температура окружающей среды	<sn>tamb<Name>
Суммарная теплоёмкость металла, Дж·кг	mcp	Теплоёмкость металла	<sn>mcp<Name>
Коэффициент теплоотдачи металл-охлаждающая среда, Вт/К	aktl	Коэффициент теплоотдачи охлаждающей среды к стенке	<sn>kalf1<Name>
Коэффициент теплоотдачи в окружающую среду,	akto	Коэффициент теплоотдачи стенки к окружающей среде	<sn>kalf0<Name>

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Вт/К			
Коэффициент теплоотдачи металл-перекачиваемая жидкость, Вт/К	aktp	Коэффициент теплоотдачи стенки к насосу	<sn>kalfp<Name>
Часть мощности насоса на нагрев подшипников	kw		<sn>kw<Name>
Имя в s3	trans_name		

Примечание: <sn> - имя системы, <Name>-имя модели температур подшипников насоса

2.4.20 Датчик температур насоса CMS

Датчик температур насоса CMS (Рисунок 23 –) представляет собой специализированный датчик, для измерения температуры подшипников (или других металлоконструкций) насоса.



Рисунок 23 – Датчик температур насоса CMS

Блок должен обязательно размещаться на схеме как дочерний к блоку «Температуры насоса CMS».

Таблица 17 – Свойства блока «Датчик температур насоса CMS»

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
Тип датчика	meter_type	Выбор типа измеряемого параметра-температура.	
Значение при обесточивании	off_value_type	Значение, которое датчик покажет при его обесточивании.	
Имя шины питания	el_name	Имя переменной, имя шины, от которой записывается датчик.	
Минимальное значение, е.и. датчика	minimum	Минимальное значение	<sn>yx<KKS>min
Максимальное значение, е.и. датчика	maximum	Максимальное значение	<sn>yx<KKS>max
Коэффициент усиления	koefficient	Коэффициент усиления	<sn>yx<KKS>kf
Смещения нуля, е.и. измеряемой величины	zero_shift	Смещения нуля	<sn>yx<KKS>shi
Постоянная времени,	time	Инерция (примерно за это	

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Название	Имя свойства	Значение	Имя переменной CMS (где применимо)
с		время параметр достигнет стационарного значения)	
Уровень шума (доля от максимума)	noise	Колебания параметра вокруг расчётного значения	<sn>yx<KKS>noi
Формат числа	num_format	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Общее кол-во знаков	precision	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Кол-во знаков после запятой	digits	Влияет на отображение текущего значения датчика на схеме.	
Единицы измерения	unit	Строковое свойство, размерность измеряемой величины.	
Описание	description	Строковое свойство, описание точки контроля.	
Коэфф. поля температур насоса	temp_koeff	Настроечный коэффициент	<sn>yx<KKS>kf1
Имя в s3	trans_name	Справочное свойство	

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СХЕМ

3.1 Общие понятия и алгоритмы

3.1.1 Создание проекта теплогидравлических систем (CMS)

Алгоритм создания проекта теплогидравлических систем:

- 1) Открыть ПО САФПИР;
- 2) Выбрать тип проекта: «Файл» → «Создать» → «CMS» (Рисунок 24 –):

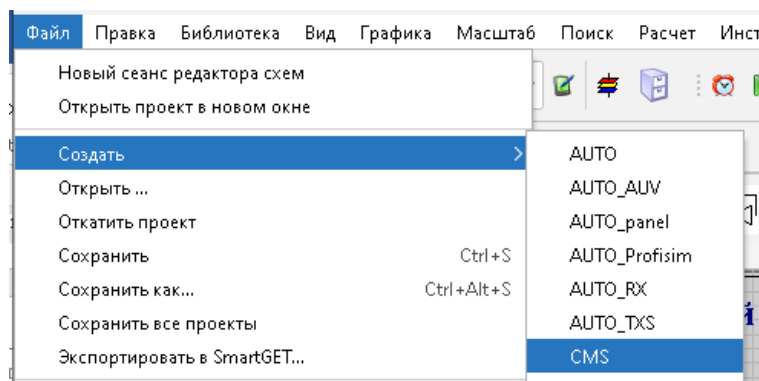


Рисунок 24 – Выбор шаблона проекта CMS

- 3) Включаем видимость панели библиотеки классов: «Вид» → «Показать панель библиотеки классов» (Рисунок 25 –):

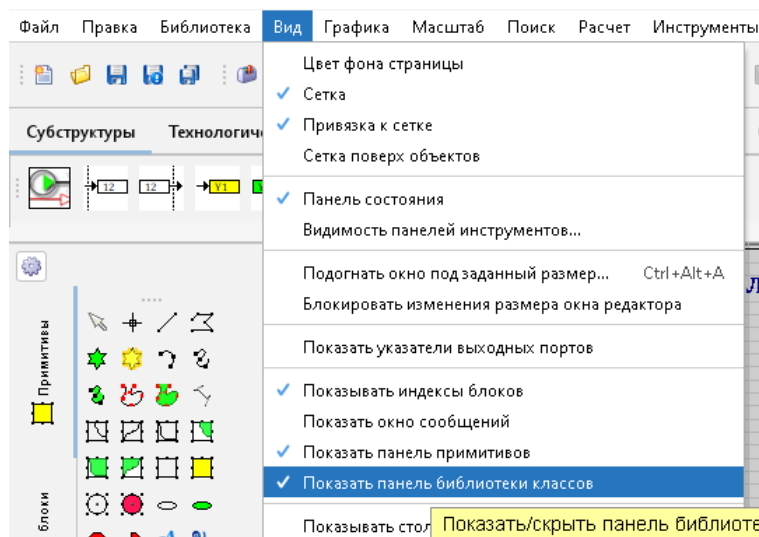


Рисунок 25 – Включение видимости панели библиотеки классов

- 4) Загружаем библиотеку классов для моделирования теплогидравлических схем: «Библиотека» → «Загрузить библиотеку классов» (Рисунок 26 –):

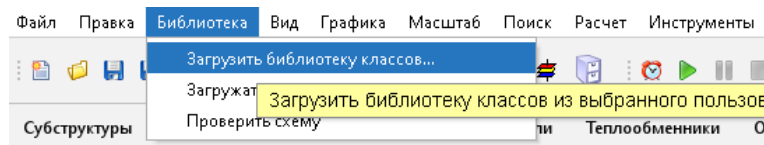


Рисунок 26 – Загрузка библиотеки классов

В окне менеджера файлов выбираем и загружаем файл «ClassLib_CMS.csl».

3.1.2 Настройка расчетного слоя (решателя)

Чтобы вызвать окно свойств решателя, требуется на панели инструментов «Слой» левой кнопкой мыши нажать на кнопку  (редактировать свойства текущего решателя) (Рисунок 27 –):

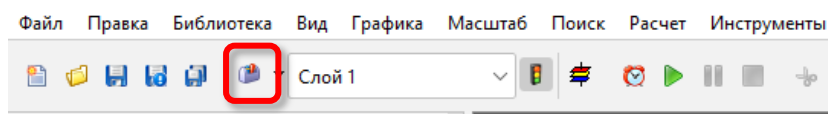


Рисунок 27 – Панель инструментов «Слой», кнопка редактирования свойств текущего слоя

Редактировать параметры расчета можно только для выбранного слоя (Рисунок 28 –):

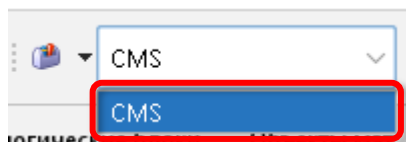


Рисунок 28 – Выбор слоя (решателя) для дальнейшей работы

Описание параметров расчета слоя (решателя) для выбранного слоя дано в документе «Программное обеспечение САПФИР. Руководство пользователя, часть 2», раздел 1.4. Внешний вид окна свойств решателя приведен на Рисунок 29 –:

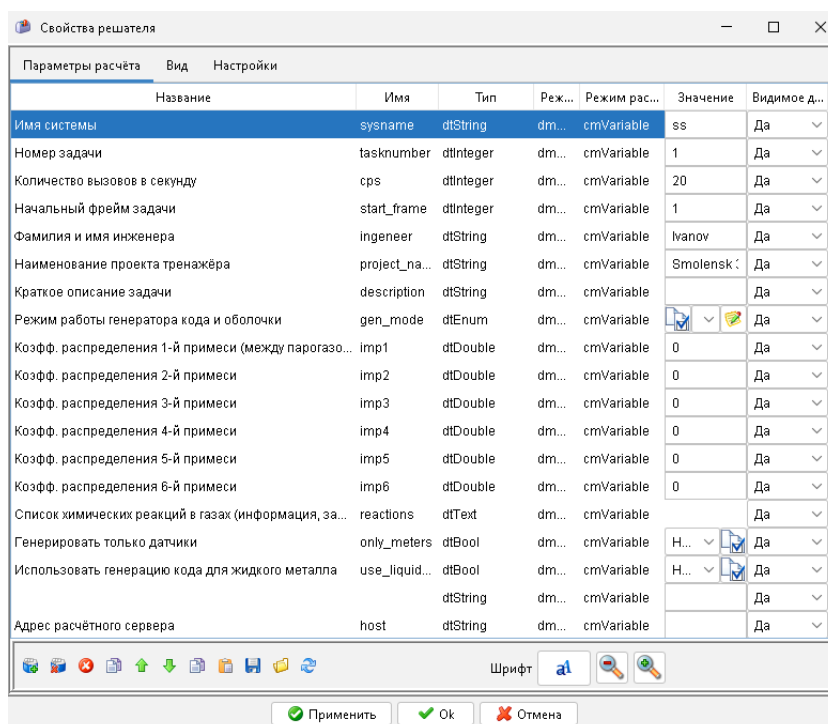


Рисунок 29 – Внешний вид окна свойств расчёта слоя (решателя)

Перечни всех параметров расчёта задаются шаблоном расчетного условия. Параметры слоя (решателя) могут быть сохранены в файл и затем использованы в другом проекте. Можно скопировать параметры слоя (решателя) проекта и вставить в другой проект.

3.1.3 Блоки для моделирования теплогидравлических систем (CMS)

Для моделирования теплогидравлических систем основные элементы находятся во вкладках «Технологические блоки», «Объекты мат. модели» и «Теплообменники» (Рисунок 30 – и Рисунок 31 –):

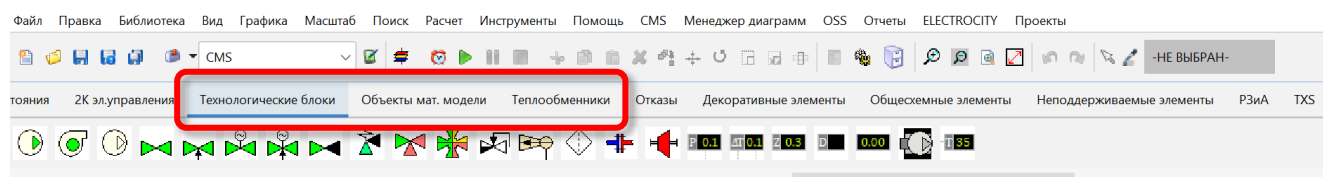


Рисунок 30 – Вкладки «Технологические блоки», «Объекты мат. модели» и «Теплообменники» в панели библиотеки классов

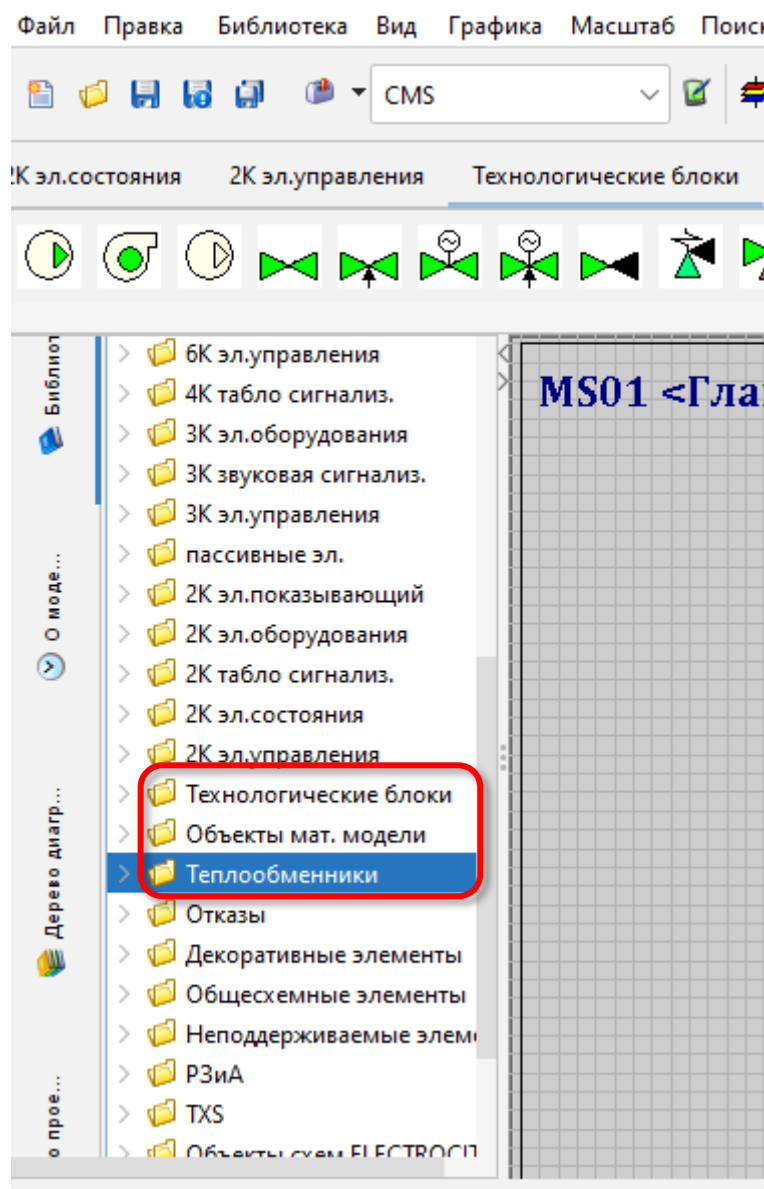
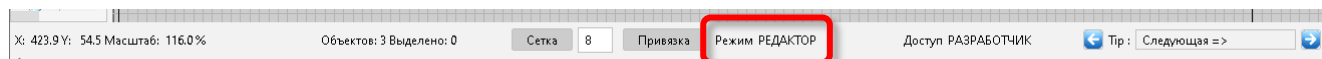


Рисунок 31 – Основные блоки для моделирования теплогидравлических систем в панели примитивов

3.1.4 Режимы отображения рабочего поля

При работе с проектом доступны два режима отображения рабочего поля: **режим РЕДАКТОР** и **режим ИНДИКАЦИЯ**. Каждый из режимов активирует свои инструменты при работе с проектом в процессе моделирования. Если активен режим редактирования (**РЕДАКТОР**), то в процессе моделирования доступен просмотр параметров блоков, изменение их свойств и пр. Режим индикации (**ИНДИКАЦИЯ**) переводит окно проекта в режим мнемосхемы, в котором блоки становятся неактивными для редактирования свойств и просмотра параметров, а у части блоков при совершении определенных действий появляются визуальные окна текущего состояния блока и управления им.

Текущий режим отображается в панели состояния (Рисунок 32 –):



Режим ИНДИКАЦИЯ

Режим РЕДАКТОР

Включен режим редактирования

Включен режим индикации

Рисунок 32 – Режимы редактирования и индикации

Режим редактирования является базовым режимом работы с расчетной схемой. Режим редактирования включается при создании новой или открытии существующей расчетной схемы (проекта).

Режим индикации включается при подключении к расчету.

Изменить режим страницы (режим редактирования / режим индикации) можно кнопкой на панели инструментов «Слой»:

-  – включен режим редактирования;
-  – включен режим индикации.

3.1.5 Основы моделирования теплогидравлических систем

Основы моделирования теплогидравлических систем даны в документе «Программное обеспечение САПФИР. Руководство пользователя, часть 3/1», раздел 1.1.

3.1.6 Запуск диаграммы на счет

Запуск подготовленной схема на счет можно произвести:

- Выбрав пункт меню: «Расчет» → «Пуск»;
- Нажав левой кнопкой мыши на кнопку  на панели инструментов «Расчет»;
- Выбрав пункт меню: «CMS» → «Старт без пересборки программы»;

При успешном подключении к задаче появится окно управления расчетом (Рисунок 33 –);



Рисунок 33 – Окно управления расчетом

В режиме отладки САПФИР отображает на схеме получаемые данные от расчета. Получаемые значения параметров приводят к изменению на схеме. Блоки меняют цвет при изменении положения задвижек и состояния оборудования, у датчиков меняются показания.

В режиме отладки опции редактирования мнемосхемы заблокированы.

3.1.7 Подключение к расчетной задаче

Подключение к расчетной задаче (если она была уже запущена и не была остановлена) можно произвести:

- Выбрав пункт меню: «CMS» → «Соединиться с собранной задачей»;

Для отключения от расчётной задачи:

- Выбрать пункт меню: «CMS» → «Отключиться от задачи»;

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

Подключаться к расчетной задаче и отключаться от нее можно неограниченное число раз.

Следует иметь в виду, что при отключении от задачи САПФИР предлагает «убить» эту задачу. При утвердительном ответе задача выгружается, и повторное подключение к ней («CMS» → «Соединиться с собранной задачей») без перезапуска задачи будет невозможно

В режиме редактирования для некоторых свойств некоторых блоков, сделана трансляция значений в загруженную и исполняемую задачу (например, для узлов можно менять высотную отметку).

Если в режиме редактирования изменить высотную отметку, то изменение будет влиять на расчет только при следующей генерации DEF-файлов исходных текстов, а в режиме отладки при изменении высотной отметки введенное новое значение передается сразу в исполняемую задачу и там изменится соответствующее значение.

Таким образом, в режиме отладки изменение свойств блока позволяют управлять расчетом.

3.2 Моделирование теплообменников и насосного оборудования. Базовая задача.

3.2.1 Общие сведения

Процесс ознакомительного моделирования теплообменников и насосного оборудования рассмотрен на примере системы сетевой воды.

Для ознакомительного моделирования используется упрощенная схема (Рисунок 34 –). Система сетевой воды включает в себя следующее основное оборудование:

- сетевые насосы 1-го подъема (СН-1);
- подогреватель сетевой воды горизонтальный (ПСГ);
- запорную и регулируемую арматуру;
- точки контроля;
- подвод пара и систему контроля присосов воздуха.

Для упрощения моделирования система разделена на 3 основные подсистемы:

- Прямая и обратная сетевая вода. Включает в себя водяной тракт, состоящий из: насосного оборудования (5 насосов), электрифицированной арматуры, двух регулирующих клапанов, обратных клапанов и двух граничных узлов. Граничными узлами выступает обратная сетевая вода от потребителя и прямая сетевая вода к потребителю.
- Подогреватель сетевой горизонтальный (ПСГ). Сетевой подогреватель состоит из двух баков (ПСГ и сборника конденсата горизонтального (СКГ)) и теплообменной трубчатки. Теплообменная трубчатка содержится в паровом пространстве ПСГ, а сконденсированный пар, с помощью трубопроводов, отводится в СКГ. Кроме этого, в состав ПСГ входят:
 - Паровой тракт. Из цилиндра турбины после 19 ступени пар поступает в ПСГ. Пар подводится к верхней части ПСГ по трубопроводу Ø1000 мм.

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
-------------------	---	-----------------------

- Воздушный тракт. В ПСГ присутствуют присосы атмосферного воздуха, для удаления лишнего газа предусмотрена сдвух в конденсатор. Геометрические размеры трубопроводов не указаны.
- Конденсационный тракт. Рабочей средой конденсационного тракта является конденсат из СКГ. Тракт состоит из двух конденсатных насосов, одного регулирующего клапана, обратных клапанов, электрифицированной арматуры и одного граничного узла. Граничным узлом выступает общестанционный конденсационный тракт.



Базовая задача рассчитывается в тренажерном режиме, так как есть данные по давлениям в точках (узла), и для их достижения требуется решить обратную задачу по поиску сопротивлений на каналах. Но в тренажерном режиме в коде CMS используется линеаризация потоков, поэтому при решении обратной задачи нельзя достоверно узнать потери в канале, так как есть погрешность с точки зрения кода. Если же, наоборот, необходимо найти давление в точках, то тогда используется инженерный режим и указываются данные в каналах в соответствии с конструкторским решением и максимальными данными по сопротивлениям на каналах.

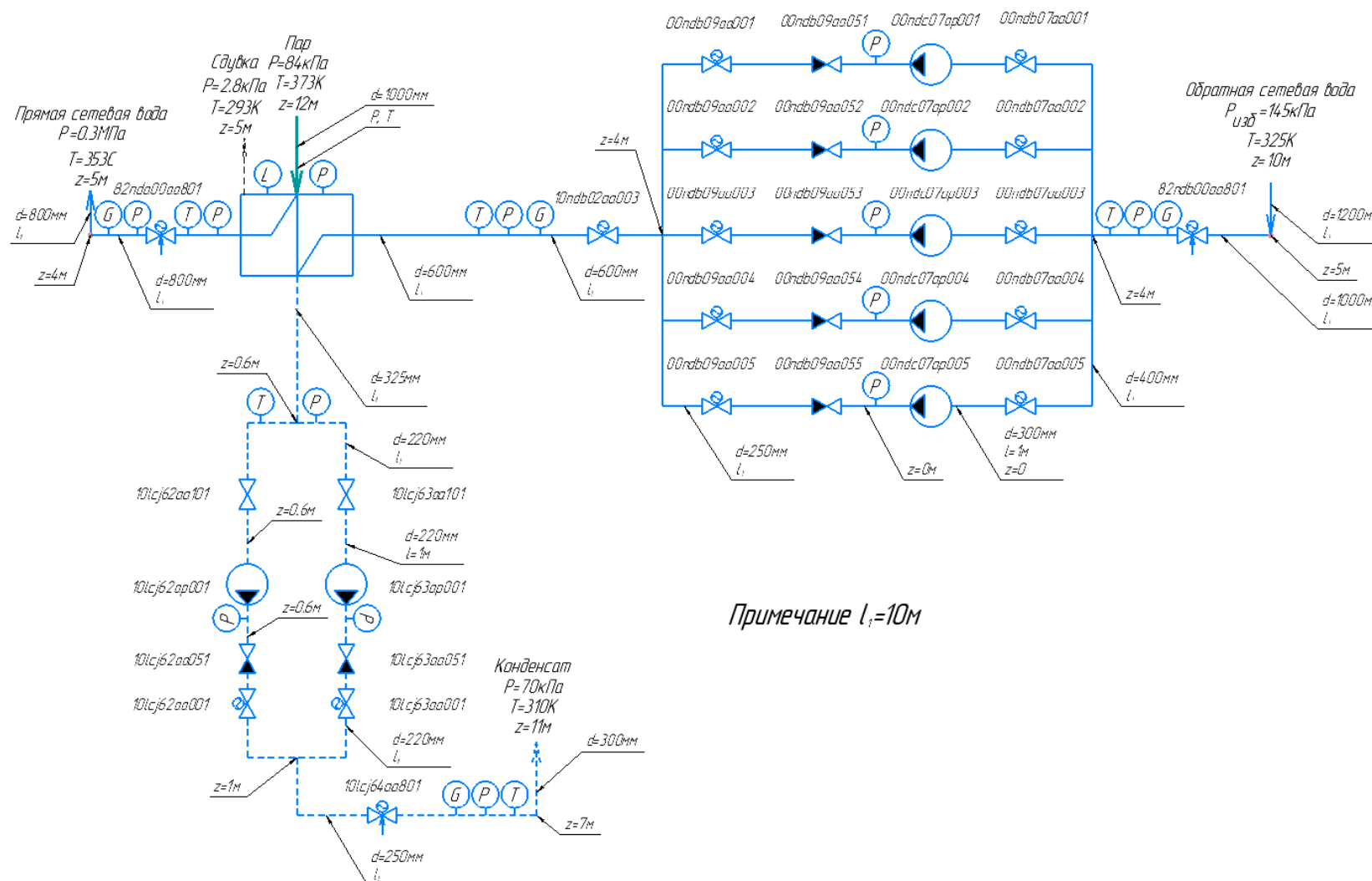


Рисунок 34 – Расчетная схема сетевой воды

Для создания схем теплогидравлических систем необходимо:

- Выбрать тип проекта: «Файл» → «Создать» → «CMS»;
- Включить видимость панели библиотеки классов: «Вид» → «Показать панель библиотеки классов»;
- Загрузить библиотеку классов для моделирования теплогидравлических схем: «Библиотека» → «Загрузить библиотеку классов»;
- Сохранить текущий проект.



Важно регулярно сохранять проект схемы. Сохранить проект с его текущим именем или с новым именем, если он создан с нуля или по шаблону можно с помощью кнопки  из панели инструментов «Файл» или выбрав пункт меню «Файл» → «Сохранить».

3.2.2 Разработка расчетной схемы

3.2.2.1 Обратная и прямая сетевая вода

Границы моделирования сетевой воды устанавливаются граничными условиями (Рисунок 35 –): обратная сетевой вода от потребителя, прямая сетевая вода к потребителю.

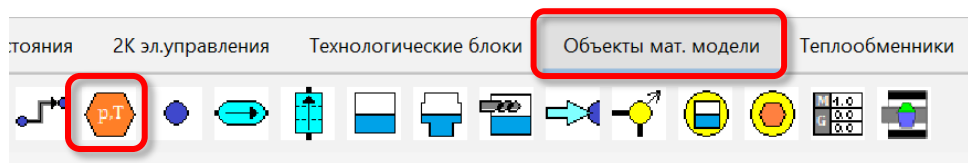


Рисунок 35 – Вкладка «Объекты математической модели», объект «Граничное условие CMS»

Для моделирования трубопроводов, соединяющих расчётные объекты с сосредоточенными параметрами: узлы, баки, граничные условия, используется объект «Канал CMS» (Рисунок 36 –):

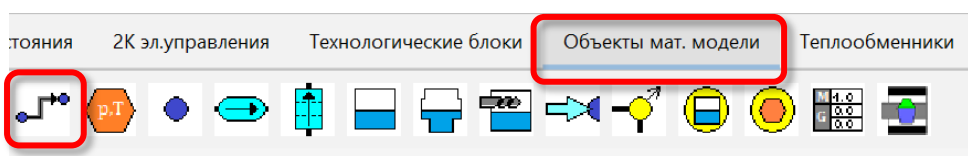


Рисунок 36 – Вкладка «Объекты математической модели», объект «Канал CMS»

Необходимые блоки, используемые для моделирования, находятся во вкладке «Технологические блоки» (Рисунок 37 –):

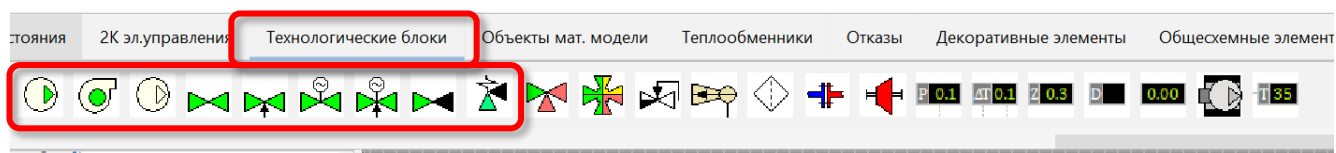


Рисунок 37 – Вкладка «Технологические блоки», блоки для моделирования

Регулирующие клапаны, обратные клапаны и любая арматура на схеме размещаются на трубопроводе между двумя узлами. Такие блоки допускается размещать группой на одном трубопроводе.

При добавлении блока на канал блок становится дочерним, и привязывается к родительскому каналу.

Сам родительский блок (в данном случае канал) или его граница выделяется желтым цветом при выделении дочернего блока (так можно понять, привязан ли дочерний блок (Рисунок 38 –) к родительскому или нет).

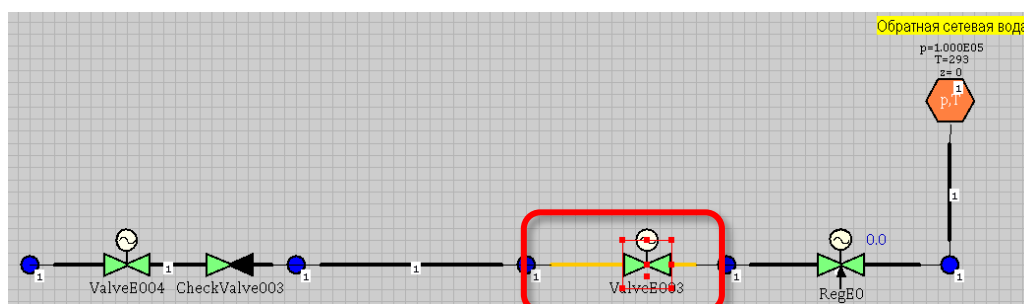


Рисунок 38 – Вид на схеме дочернего блока

Насосы, вентиляторы, компрессоры ставятся на трубопровод между двумя узлами (Рисунок 39 –):

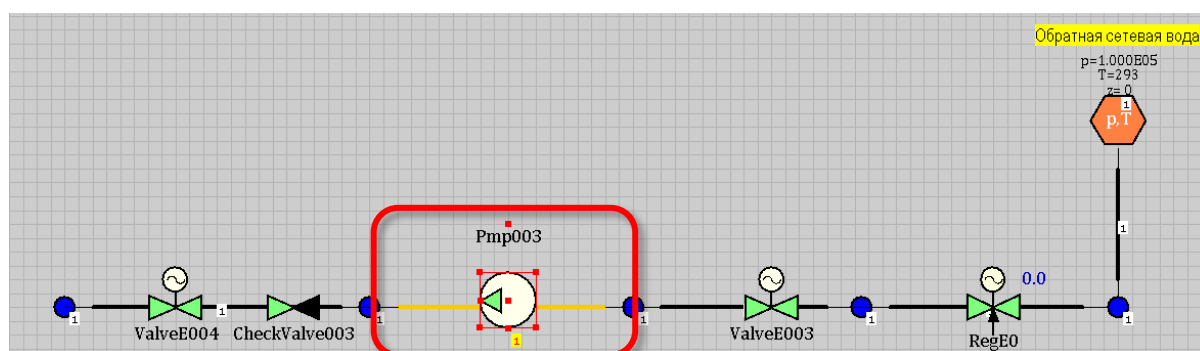


Рисунок 39 – Вид на схеме насоса (как дочернего блока)

Никакие другие объекты на данный трубопровод не устанавливаются.

Так как ПСГ представляет собой сложный сосуд, то для него на тракте прямой и обратной сетевой воды оставляется место.

Промежуточный вид тракта сетевой воды приведен на Рисунок 40 –:

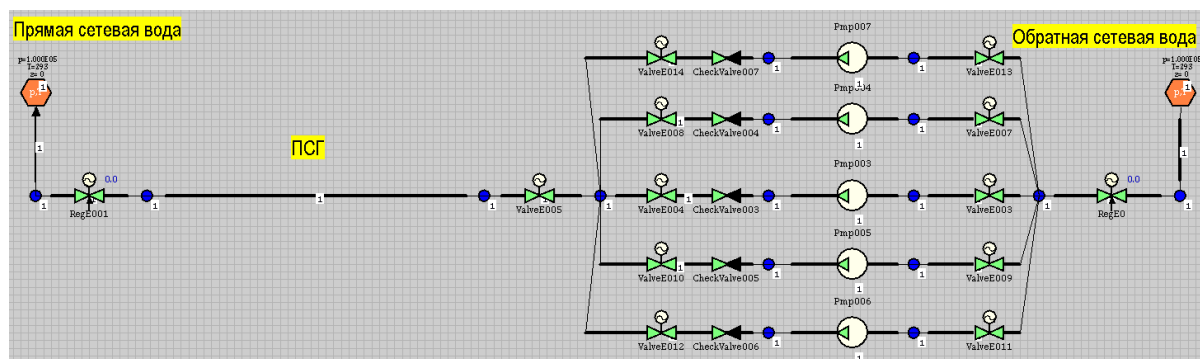


Рисунок 40 – Промежуточная схема тракта сетевой воды

3.2.2.2 Сетевой подогреватель

Для моделирования ПСГ и СКГ, представляющих собой баки, используется объект «Бак CMS» (Рисунок 41 –):

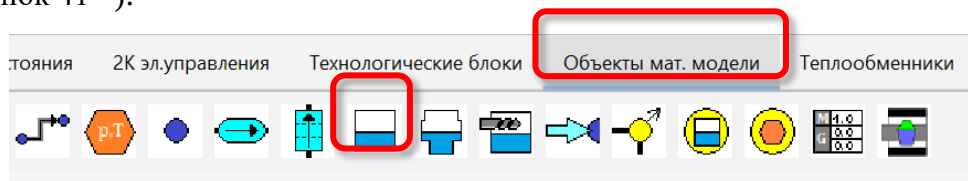


Рисунок 41 – Вкладка «Объекты математической модели», объект «Бак CMS»

Баки устанавливаются на схему без привязки к трубопроводам и узлам (Рисунок 42 –):

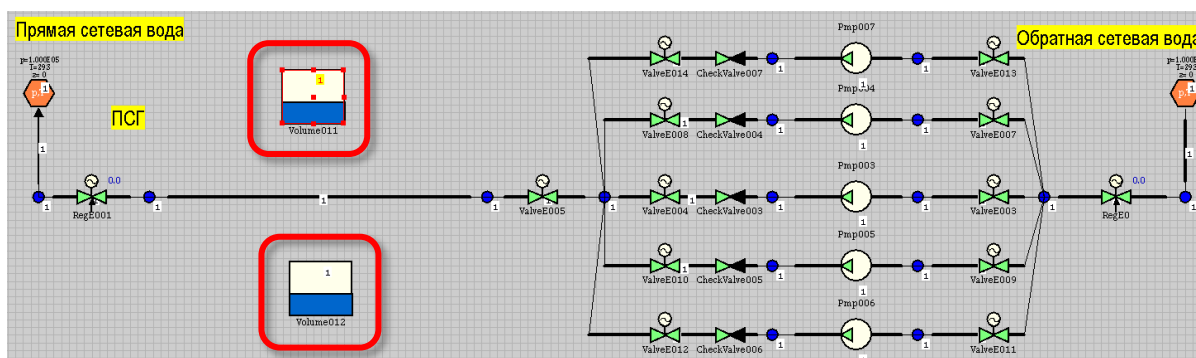


Рисунок 42 – Размещение баков на схеме

Для присоединения элементов, моделирующих трубопроводы или входные потоки к бакам используется объект «Отверстие в баке CMS» (Рисунок 43 –):

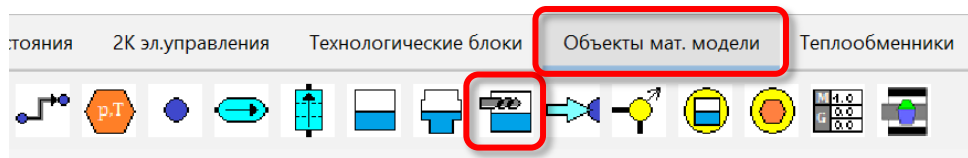


Рисунок 43 – Вкладка «Объекты математической модели», объект «Отверстие в баке CMS»

Без использования элемента «Отверстие в баке CMS» соединение с баком невозможно. К одному такому блоку можно пристыковать несколько элементов, моделирующих трубопроводы (каналы CMS) или входные потоки (подпитка CMS).

Отверстия в баке привязывается к баку автоматически (Рисунок 44 –):

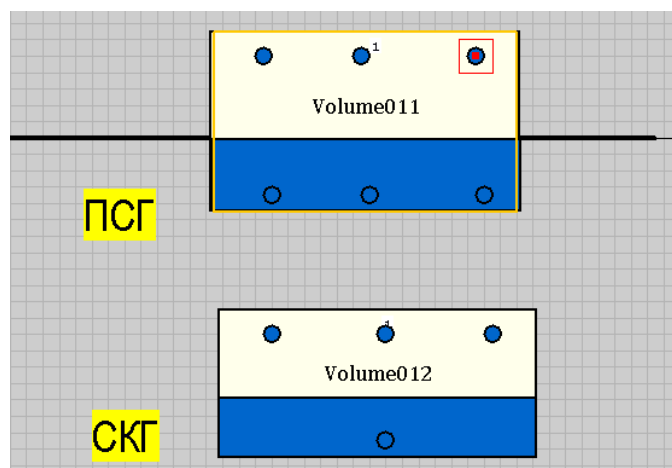


Рисунок 44 – Привязка отверстий (врезок) к баку

Границы моделирования сетевой воды парового тракта являются отбор пара из турбины, и устанавливаются граничными условиями, подведенными в ПСГ (с помощью граничных условий моделируются присосы воздуха из атмосферы и сдвук в конденсатор) (Рисунок 45 –):

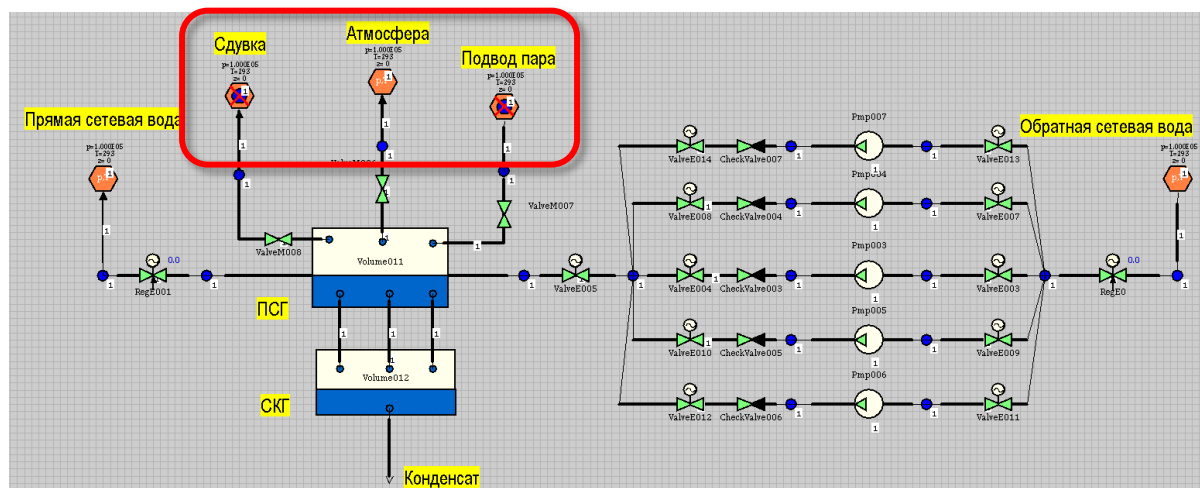


Рисунок 45 – Промежуточная схема тракта сетевой воды с баками

Змеевик трубного пучка теплообменника моделируется с помощью «Теплообменник бак-труба CMS» (Рисунок 46 –):

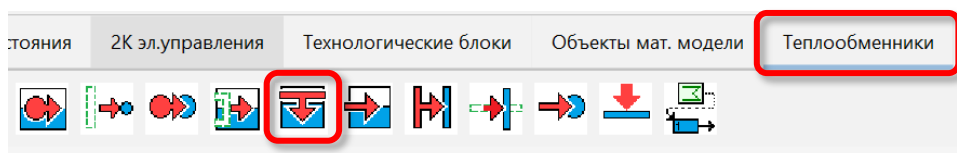


Рисунок 46 – Вкладка «Теплообменники», объект «Теплообменник бак-труба CMS»

Теплообменник помещается в ПСГ как дочерний к баку блок (Рисунок 47 –):

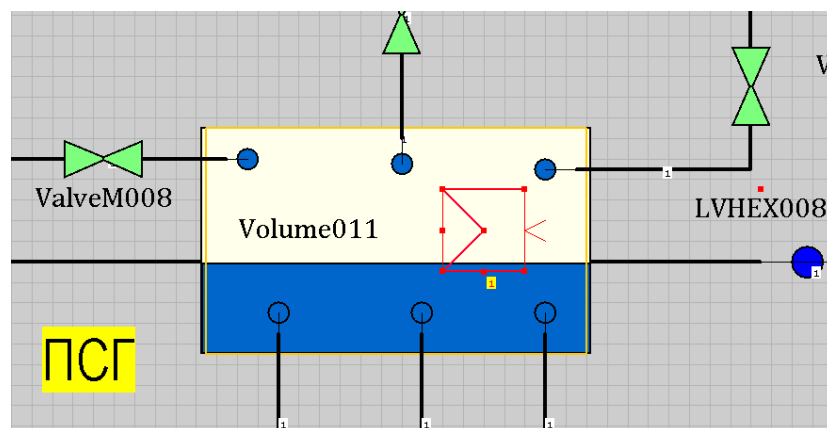
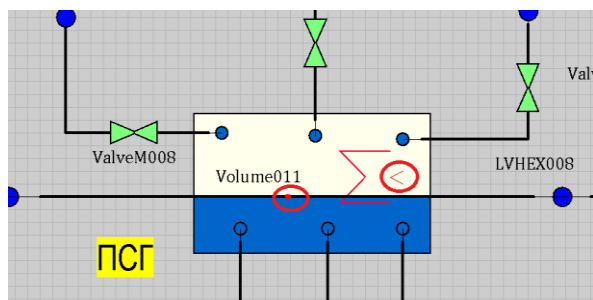
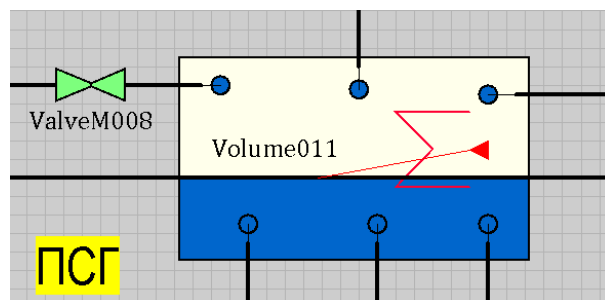


Рисунок 47 – Установка теплообменника на бак

Далее следует привязать змеевик теплообменника к трубопроводу, соединить порт змеевик с тепловым портом теплообменника (Рисунок 48 –):



Порты теплообменника (змеевика) и
теплового узла



Соединение портов змеевика и теплового
узла

Рисунок 48 – Привязка змеевика

В змеевике теплообменника протекает обратная сетевая вода, поэтому подвод сетевой воды (красная стрелка) привязывается к трубопроводу, из которого среда поступает в змеевик.

3.2.2.3 Конденсационный тракт

Конденсационный тракт аналогичен тракту прямой/обратной сетевой воды (Рисунок 49 –):

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение САПФИР Руководство пользователя, часть 5/1.	Номер редакции 1.1
-------------------	--	-----------------------

Таблица 18 – Описание датчиков

Объект	Ед. змерения	Описание
Обратная сетевая вода / Тракты с сетевой водой (синий цвет)		
00NDB04CF001	т/ч	Расход обратной сетевой воды из города
00NDB04CP002	МПа	Давление обратной сетевой воды из города
00NDB04CT001	°С	Температура обратной сетевой воды из города
Насосы 1 подъема		
00NDB09CP001	МПа	Давление на напоре насосов 1-го подъема
00NDB09CP002	МПа	
00NDB09CP003	МПа	
00NDB09CP004	МПа	
00NDB09CP005	МПа	
ПСГ		
10NDB01CF001	т/ч	Расход сетевой воды через ПСГ
10NDB11CT001	°С	Температура сетевой воды на входе в ПСГ
10NDB11CP001	МПа	Давление сетевой воды на входе в ПСГ
10NDA10CT001	°С	Температура сетевой воды на выходе из ПСГ
10NDA10CP002	МПа	Давление сетевой воды на выходе из ПСГ
10LCJ60CT001	°С	Температура конденсата из СКГ в конденсационный тракт
10LCJ62CP501	кПа(а)	Давление конденсата из СКГ в конденсационный тракт
10NDD10CL001	мм	Уровень конденсата в ПСГ
10NDD10CL931	мм	Уровень конденсата в СКГ
10NDD10CP003	кПа(а)	Давление в ПСГ
Подвод пара / Паровые тракты (красный цвет)		
10LBD10CT001	°С	Температура пара в ПСГ
10LBD10CP001	кПа(а)	Давление пара в ПСГ
Прямая сетевая вода (синий цвет)		
00NDA01CF001	т/ч	Расход прямой сетевой воды в город
00NDA01CP001	МПа	Давление прямой сетевой воды в город
Конденсатные насосы ПСГ		
10LCJ62CP001	МПа	Давление на напоре конденсатных насосов
10LCJ63CP001	МПа	
Конденсационный тракт (бирюзовый цвет)		
10LCJ64CF001	т/ч	Расход конденсата ПСГ в конденсационный тракт
10NDB05CT503	°С	Температура конденсата в конденсационный тракт
10NDB05CP503	МПа	Давление конденсата в конденсационный тракт

Датчики устанавливаются на схему произвольно.

Параметры, которые показывают датчики, должны соответствовать общестанционной системе измерения. В датчиках настраиваются смещения нуля, коэффициент усиления, максимальное и минимальное значение, указывается размерность. Для настройки используются свойства объекта. Свойства датчика температуры приведены на Рисунок 51 –, свойства датчика давления – на Рисунок 52 –, свойства датчика расхода – на Рисунок 52 –.

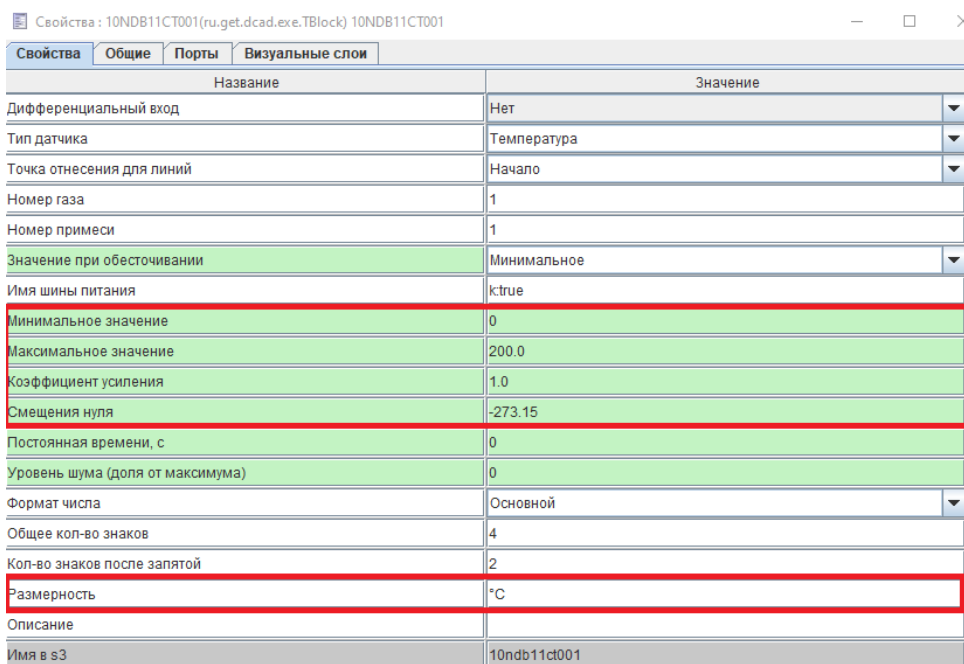


Рисунок 51 – Свойства датчика температуры

В качестве единицы измерения температуры в ПО САПФИР используется Кельвин (обозначение: К). Кельвин представляет собой единицу термодинамической температуры, равную 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды. Начало шкалы (0 К) совпадает с абсолютным нулём. Пересчёт в градусы Цельсия:

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15 \text{ (температура тройной точки воды: } 0,008^{\circ}\text{C}).$$

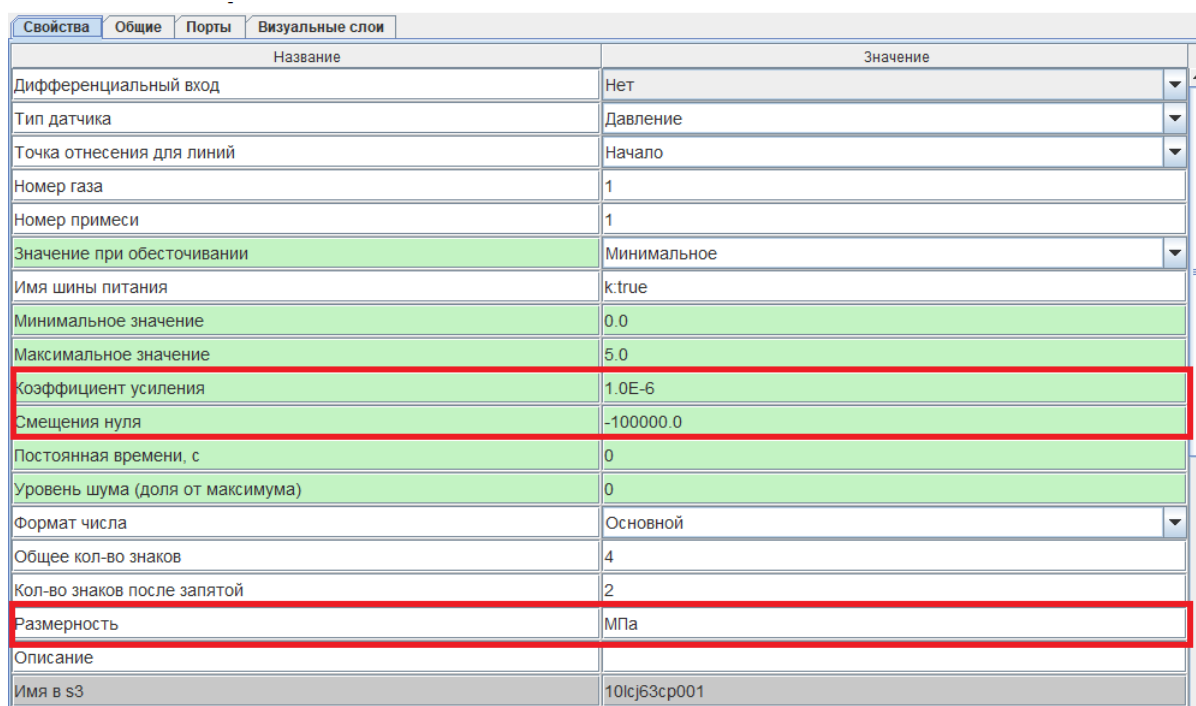


Рисунок 52 – Свойства датчика давления

В качестве единицы измерения давления в ПО САПФИР используется Паскаль (обозначение: Па). Паскаль равен давлению (механическому напряжению), вызываемому силой,

равной одному ньютону, равномерно распределённой по нормальной к ней поверхности площадью один квадратный метр.

$$1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$$

Пересчёт в другие единицы:

- 1 Килопаскаль = 10^3 Па (обозначение: кПа);
- 1 Мегапаскаль = 10^6 Па (обозначение: МПа);
- 1 бар = 10^5 Па (обозначение: бар, внесистемная единица измерения давления);
- 2 миллиметр водяного столба = 9,80665 Па (обозначение: мм вод. ст., внесистемная единица измерения давления).

Датчики давления могут измерять как абсолютное, так и избыточное давление. Для датчиков избыточного давления устанавливается смещение нуля на минус атмосферу.

Название	Значение
Тип датчика	Расход
Точка отнесения для линий	Начало
Значение при обесточивании	Минимальное
Имя шины питания	k.true
Минимальное значение	0
Максимальное значение	6000.0
Кэффициент усиления	3.6
Смещения нуля	0
Постоянная времени, с	0
Уровень шума (доля от максимума)	0
Формат числа	Основной
Общее кол-во знаков	4
Кол-во знаков после запятой	2
Размерность	т/ч
Описание	
Имя в s3	10lcj64cf001

Рисунок 53 – Свойства датчика расхода

В качестве единицы расхода в ПО САПФИР используется Килограмм в секунду (обозначение: кг/с), производная единица системы единиц СИ для измерения массового расхода жидкостей, газов, газопылевых смесей и иных текучих сред, равная одному килограмму массы вещества, проходящего через заданную площадь поперечного сечения потока за одну секунду

При необходимости для расходомеров необходим перевод единиц измерения. Перевод осуществляется с помощью коэффициента усиления (в нашем примере коэффициент усиления составляет 3.6 – см. рисунок выше, размерность – т/ч):

- Для размерности килограмм/сутки коэффициент усиления составляет 86 400 (обозначение: кг/сут);
- Для размерности килограмм/час коэффициент усиления составляет 3 600 (обозначение: кг/ч);
- Для размерности килограмм/минуту коэффициент усиления составляет 60 (обозначение: кг/мин);
- Для размерности тонна/сутки коэффициент усиления составляет 86,4 (обозначение: т/сут);

ООО «ДЖЭТ ЛАБ»	Программное обеспечение САПФИР Руководство пользователя, часть 5/1.	Номер редакции 1.1
-------------------	--	-----------------------

- Для размерности тонна/час коэффициент усиления составляет 3,6 (обозначение: т/ч);;
- Для размерности тонна/минуту коэффициент усиления составляет 0,06 (обозначение: т/мин).

Промежуточная схема тракта сетевой воды с датчиками должна выглядеть так, как приведено на Рисунок 54 –:

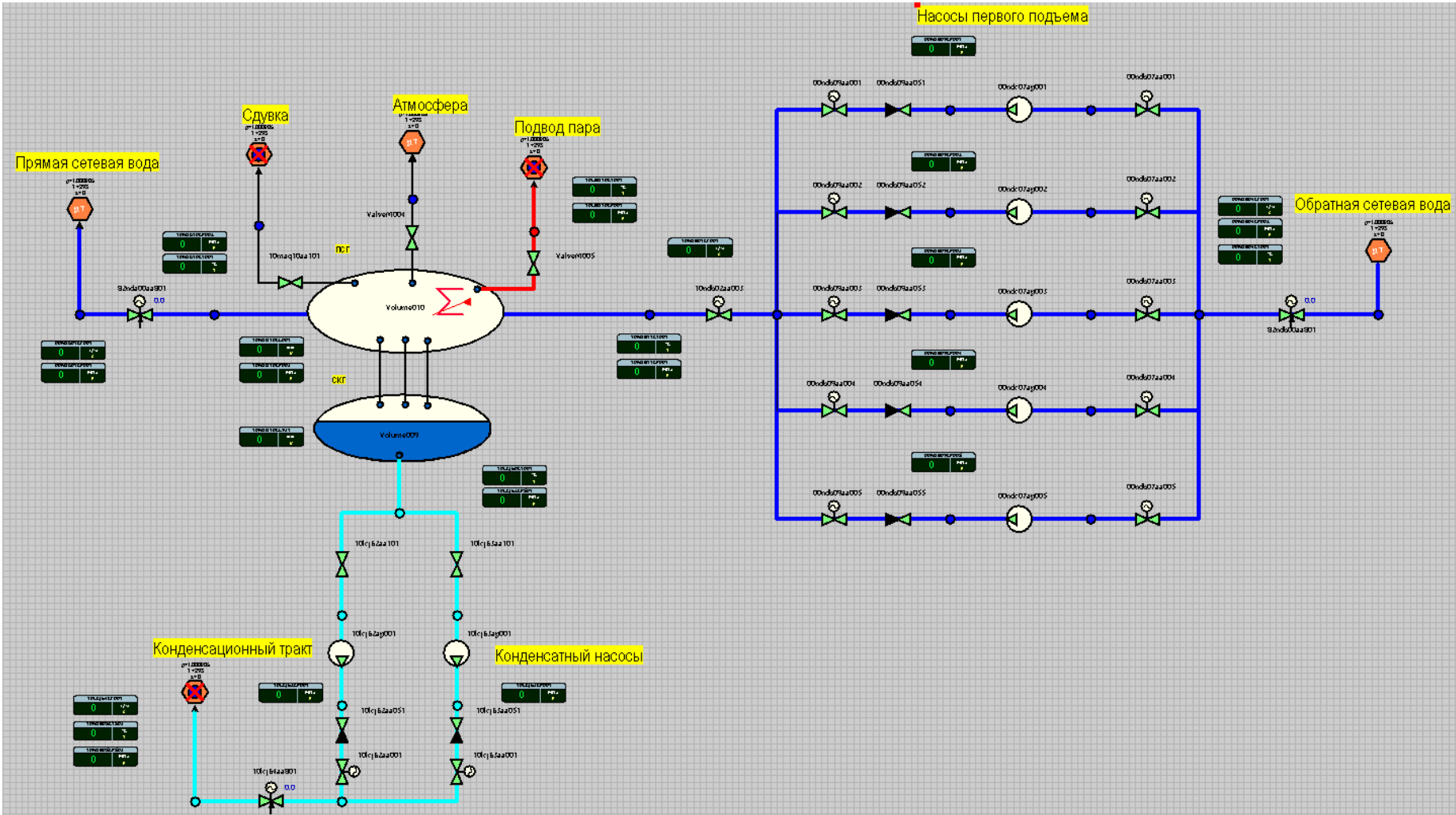


Рисунок 54 – Промежуточная схема тракта сетевой воды с установленными датчиками

3.2.4 Задание свойств объектов

3.2.4.1 Свойства граничного условия

На примере граничного условия обратной сетевой воды показано, как задавать параметры в граничных узлах.

Исходные параметры для обратной воды представлены в таблице ниже:

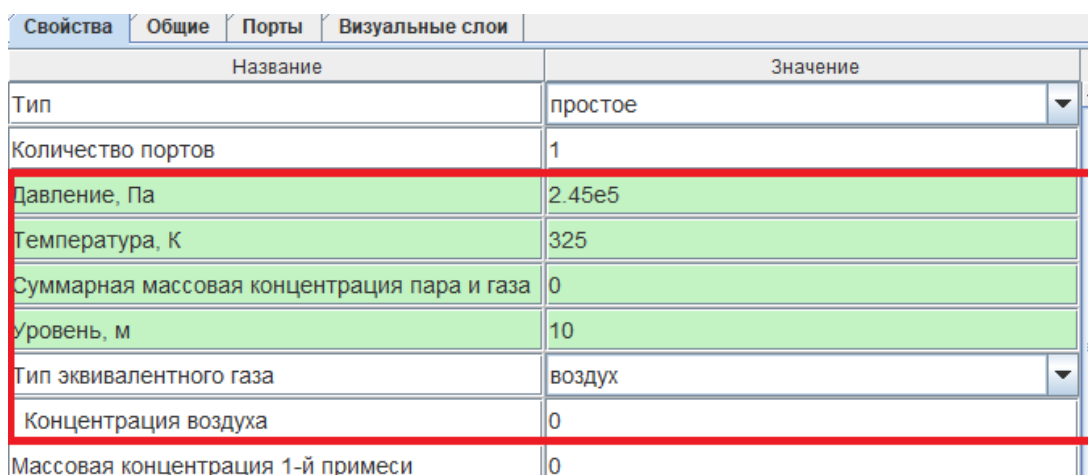
Таблица 19 – Параметры граничного узла обратной сетевой воды

Параметр	Ед. измерения	Значение
$P_{изб}$	МПа	0.145
T	°C	52.0
Z	м	10

Высотные отметки для обратной воды см. Рисунок 34 – «Расчетная схема сетевой воды».

Данные по давлению взяты с датчиков избыточного давления.

Так как в системе протекает только одна среда (сетевая вода), то суммарная массовая концентрация пара и газа приравнивается к 0 (Рисунок 55 –):



Свойства	
Название	Значение
Тип	простое
Количество портов	1
Давление, Па	2.45e5
Температура, К	325
Суммарная массовая концентрация пара и газа	0
Уровень, м	10
Тип эквивалентного газа	воздух
Концентрация воздуха	0
Массовая концентрация 1-й примеси	0

Рисунок 55 – Свойства граничного узла для среды (сетевая вода)

Для граничного условия с паровой средой (пример: подвод пара к ПСГ) свойства представлены на Рисунок 56 –.

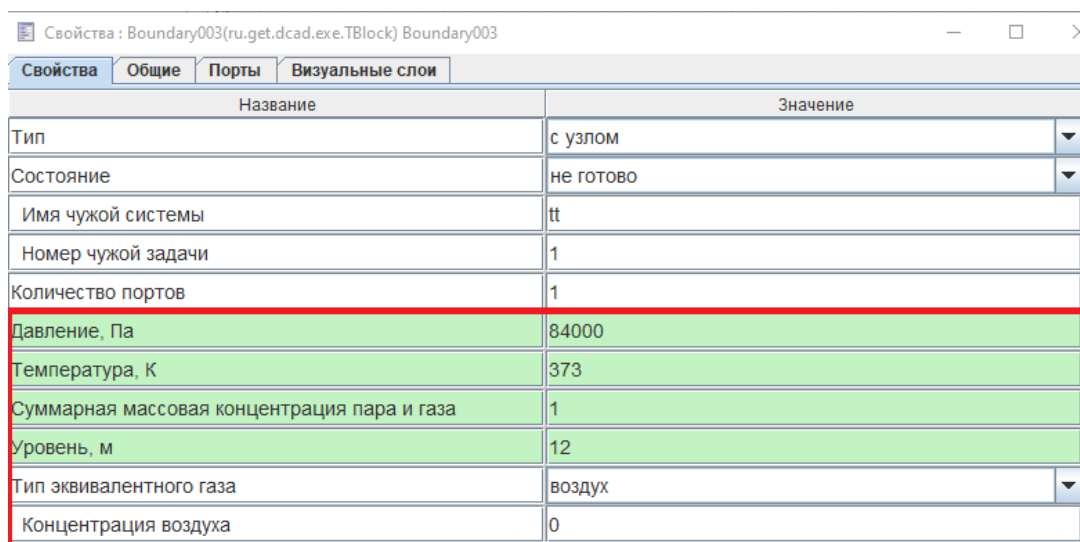


Рисунок 56 – Свойства граничного узла для паровой среды

Для корректного расчета значение температуры следует задавать параметры выше линии насыщения приблизительно на 5 – 10%. Суммарная массовая концентрация пара и газов приравнивается к 1, а концентрация воздуха к 0, так как из граничного узла поступает только пар.

Для граничного условия с параметрами газовой среды (пример присосы воздуха в ПСГ) свойства представлены на Рисунок 57 –:

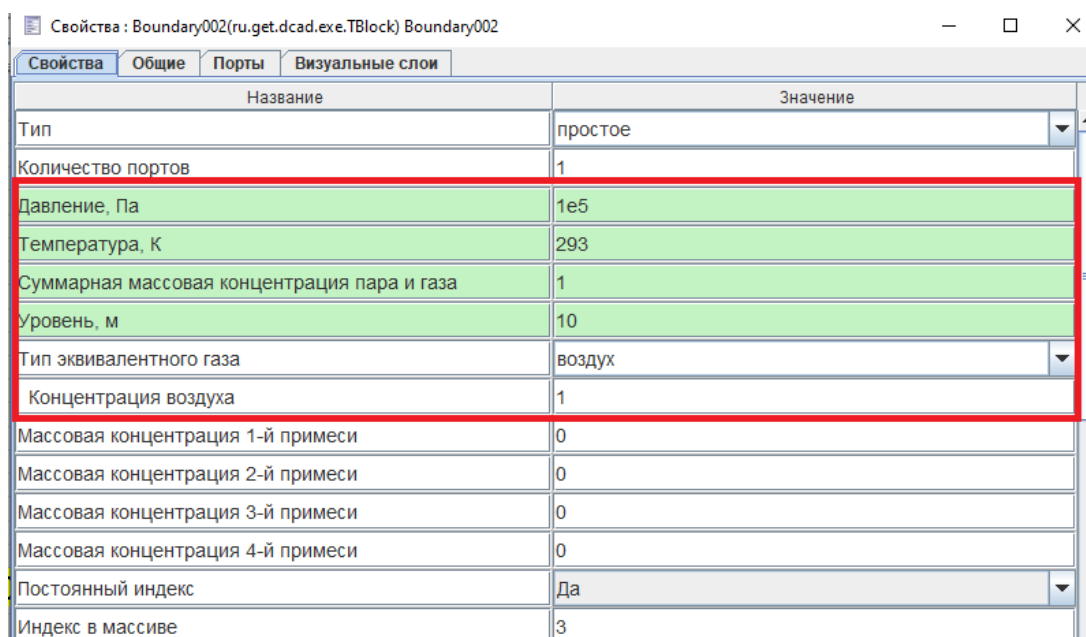


Рисунок 57 – Свойства граничного узла для газовой среды (воздух)

Из граничного узла поступает только воздух при нормальных атмосферных параметрах. Суммарная массовая концентрация пара и газов приравнивается к 1, концентрация воздуха к 1.

3.2.4.2 Свойства граничного условия (узла)

Аналогичным описанному выше образом задаются свойства для внутренних узлов. В узлах задаются высотные отметки и концентрация газа. Начальные значения температуры и давления для газовой и жидкой среды характеризуют параметры расчёта для первой секунды

расчета. Для упрощения данные параметры допускается приравнивать к нормальным условиям. На рисунках Рисунок 58 —, Рисунок 59 —, Рисунок 60 — представлены свойства узлов с различной средой.

Свойства : Node008(ru.get.dcad.exe.TNodeBlock) Node008

Свойства	Общие	Порты	Визуальные слои
Название	Значение		
Разрешить исключение узла	Нет		
Начальная температура в узле, К	293		
Начальное давление в узле, Па	1e5		
Начальная суммарная массовая концентрация пара и газов	0		
Температура окружающей среды, К	293		
Суммарная теплоёмкость металла, Дж/К	500		
Вычислять коэффициенты теплоотдачи	Нет		
Коэффициент теплоотдачи к стенке, Вт/(м²·К)	500		
Коэффициент теплоотдачи стенка-окр. среда, Вт/(м²·К)	40		
Объём узла, м³	0		
Уровень узла, м	4		
Высота объекта точки, м	0		
Тип эквивалентного газа	Воздух		
Концентрация воздуха	0		
Массовая концентрация 1-й примеси	0		
Массовая концентрация 2-й примеси	0		

Рисунок 58 – Свойства узла для среды (сетевая вода)

Свойства : Node038(ru.get.dcad.exe.TNodeBlock) Node038

Свойства	Общие	Порты	Визуальные слои
Название	Значение		
Разрешить исключение узла	Нет		
Начальная температура в узле, К	293		
Начальное давление в узле, Па	1e5		
Начальная суммарная массовая концентрация пара и газов	1		
Температура окружающей среды, К	293		
Суммарная теплоёмкость металла, Дж/К	500		
Вычислять коэффициенты теплоотдачи	Нет		
Коэффициент теплоотдачи к стенке, Вт/(м²·К)	500		
Коэффициент теплоотдачи стенка-окр. среда, Вт/(м²·К)	40		
Объём узла, м³	0		
Уровень узла, м	7		
Высота объекта точки, м	0		
Тип эквивалентного газа	Воздух		
Концентрация воздуха	1		

Рисунок 59 – Свойства узла с газовой средой (воздух)

Свойства : Node039(ru.get.dcad.exe.TNodeBlock) Node039

Свойства | Общие | Порты | Визуальные слои

Название	Значение
Разрешить исключение узла	Нет
Начальная температура в узле, К	373
Начальное давление в узле, Па	84000
Начальная суммарная массовая концентрация пара и газ	1
Температура окружающей среды, К	293
Суммарная теплоёмкость металла, Дж/К	500
Вычислять коэффициенты теплоотдачи	Нет
Коэффициент теплоотдачи к стенке, Вт/(м²·К)	500
Коэффициент теплоотдачи стенка-окр. среда, Вт/(м²·К)	40
Объём узла, м³	0
Уровень узла, м	10
Высота объекта точки, м	0
Тип эквивалентного газа	Воздух
Концентрация воздуха	0

Рисунок 60 – Свойства узла с паровой средой

3.2.4.3 Свойства трубопровода

Данные для трубопроводов приведены на схеме сетевой воды (геометрические параметры приведены выше, см. 3.2.1 Рисунок 34 – Расчетная схема сетевой воды). Все диаметры на входе и выходе не изменяются (Рисунок 61 –):

Свойства : CMS_Line009(ru.get.dcad.exe.TPolyLineBlock) CMS_Line009

Свойства | Общие | Порты | Визуальные слои

Название	Значение
Наличие теплового порта	Нет
Диаметр канала, м	1.0
Диаметр на входе, м	0.1
Диаметр на выходе, м	0.1
Длина канала, м	10
Коэффициент проводимости	1
Толщина стенки, м	0.005
Коэффициент теплопроводности стенки, Вт/(м·К)	40
Уровень относительно дна точки на входе, м	0
Уровень относительно дна точки на выходе, м	0
Наличие транспортного запаздывания	Нет
Наличие химических реакций	Нет
Постоянный индекс	Да
Индекс в массиве	1

Рисунок 61 – Свойства трубопровода

3.2.4.4 Свойства насосов

Обратная сетевая вода поступает в ПСГ с помощью сетевых насосов, имеющих параметры в рабочей точке: расход – 800 м³/час и напор – 60 м. Примеры расходно-напорной характеристики представлены на рисунках Рисунок 62 –, Рисунок 63 –:

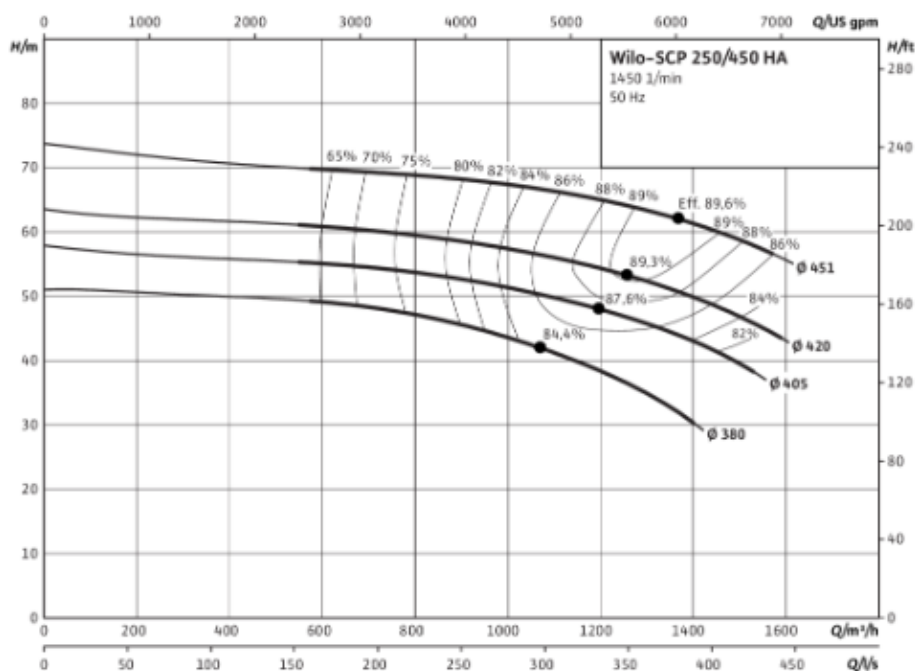


Рисунок 62 – Расходно-напорная характеристика насосов первого подъема

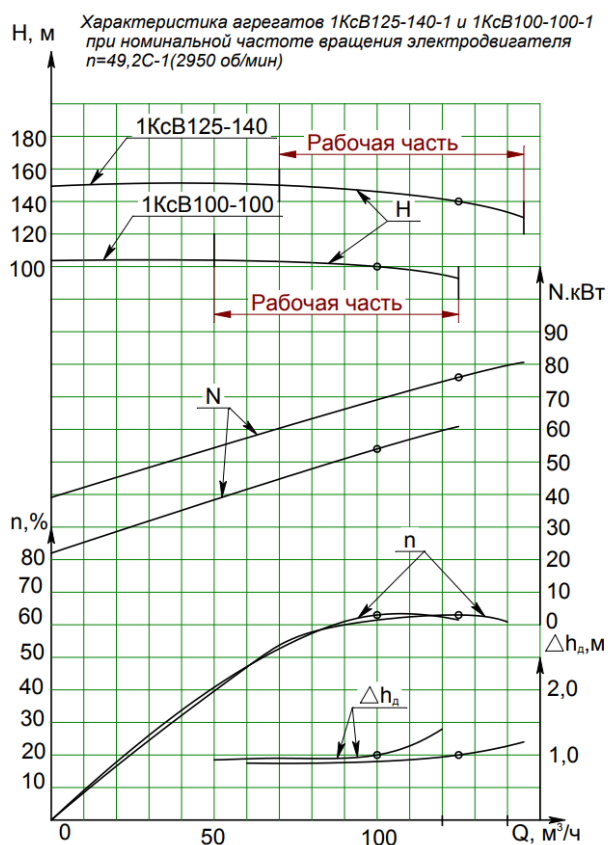


Рисунок 63 – Конденсатные насосы КсВ 125-140

Свойства насосов приведены на Рисунок 64 –:

Название	Значение
Насос плунжерный	Нет
Включить порт для подключения к ротору	Нет
Способ вычисления коэффициентов	По напорной характеристике
Значения расхода	[0, 200, 400, 600, 800, 1000, 1100, 1200, 1400]
Размерность расхода	м³/4
Значения напора	[65, 63, 62, 60, 59, 58, 56, 55, 50]
Размерность напора	м вод. столба
Максимальный расход, кг/с	2
Максимальный перепад давления (1-й коэф-т), Па	10e5
Номинальный расход, кг/с	1
Номинальный перепад давления (dPn), Па	9e5
Запас до кавитации, м воды	0
Относительная частота вращения	0
Площадь кольцевого зазора при обратном токе, м²	0
Проводимость пути при обратном токе	1
Коэффициент распределения механической мощности	0.25
Коэффициент влияния кавитации	0.1
Имя переменной состояния	
Постоянный индекс	Да

Рисунок 64 – Задание параметров насоса

3.2.4.5 Свойства бака

На примере ПСГ рассмотрены свойства блока «бак». Для баков задаются геометрические параметры: объем и высота бака, уровень дна бака. Кроме этого, задается, данные из таблицы ниже:

Таблица 20 – Свойства ПСГ

ПСГ-1300	
Габаритные параметры ПСГ	
Внешний диаметр, мм	2480
Вместимость, м³	
Межтрубное (паровое) пространство	17
Подвод греющего пара	Ø1024x12
Рабочая поверхность теплообмена, м²	1300
Диаметр трубок, м	0.02
Конденсат	
Отвод	Ø42x13
Уровень дна бака, м	4.250
СКГ	
Вместимость, м³	3.8
Диаметр, мм	1200
Уровень дна бака, м	2.820

Бак представляет собой смесь из двух фаз (парогазовая и конденсат). Для каждой фазы задается:

- Уровень конденсата в баке – содержание конденсата в баке;

- Начальная суммарная массовая концентрация пара и газов в верхней области;
- Массовая концентрация парогазожидкостной фазы;
- Концентрация газа – массовая концентрация газа в парогазожидкостной фазе.

Для каждой фазы задаются начальные параметры температуры. Давление в баке – начальное давление парогазовой смеси. Стоит отметить, что начальные параметры двух фаз должны удовлетворять тепловому балансу и не противоречить друг-другу. Пример задания свойств для бака представлен на Рисунок 65 –:

Свойства	
Название	Значение
Тип	Горизонтальный
Начальное давление парогазовой смеси, Па	1e5
Начальная температура парогазовой смеси, К	293
Начальная температура конденсата, К	293
Начальная суммарная массовая концентрация пара и газов в верхней	1
Коэффициент осаждения	0.5
Уровень дна бака, м	2.820
Вычислять коэффициенты теплоотдачи	Нет
Коэффициент теплоотдачи к металлу, Вт/(м²·К)	100
Коэффициент теплоотдачи отсепарированная вода-металл, Вт/(м²·К)	500
Коэффициент теплоотдачи окр. среда-металл, Вт/(м²·К)	50
Температура окружающей среды, К	293
Теплоёмкость металла на единицу поверхности, Дж/(м²·К)	500
Объем бака, м³	3.8
Высота бака, м	1.2
Начальный уровень конденсата в баке, м	0.715
Тип эквивалентного газа	Воздух
Концентрация воздуха	0.995
Массовая концентрация 1-й примеси по пару	0

Рисунок 65 – Свойства бака

СКГ- сборник конденсата, для него необходимо задать начальный уровень конденсата.

ПСГ- бак, в котором происходит конденсация пара, если объем будет содержать преимущественно воздух, то теплообмен ухудшится.

3.2.4.6 Свойства врезки в бак

Для врезки задаются геометрические параметры: диаметр отверстия в баке и уровень относительно дна бака. Нижняя точка окружности врезки находится в точке «уровень относительно дна бака» (Рисунок 66 –). Врезка не может выходить за пределы бака:

$$0 \leq d_{\text{отверстия в баке}} + h_{\text{уровень относительно дна бака}} \leq h_{\text{бака}}$$

Свойства : VolumeHole021(ru.get.dcad.exe.TNodeBlock) VolumeHole021

Свойства	
Название	Значение
Диаметр отверстия в баке, м	0.230
Уровень относительно дна бака, м	0.120
Коэффициент дисперсии	0

Рисунок 66 – Свойства врезки в бак

3.2.4.7 Свойства теплообменника

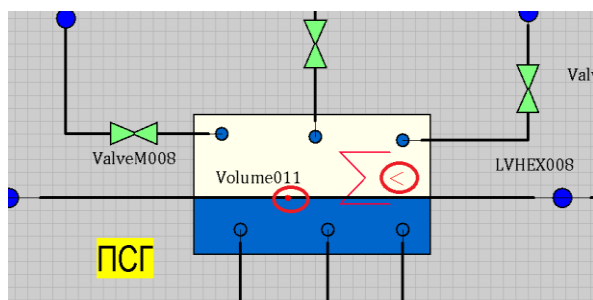
Чтобы привязать теплообменник к трубопроводу, по которому поступает среда в змеевик необходимо на трубопроводе указать наличие теплового порта (Рисунок 67 –):

Свойства : CMS_Line086(ru.get.dcad.exe.TPolyLineBlock) CMS_Line086

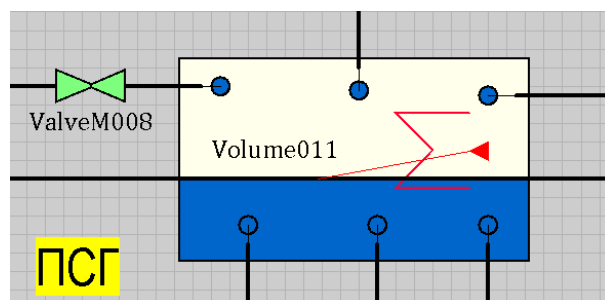
Название	Значение
Наличие теплового порта	Да
Диаметр канала, м	1.0
Диаметр на входе, м	0.1
Диаметр на выходе, м	0.1
Длина канала, м	10
Коэффициент проводимости	1
Толщина стенки, м	0.005
Коэффициент теплопроводности стенки, Вт/(м·К)	40
Уровень относительно дна точки на входе, м	0
Уровень относительно дна точки на выходе, м	0
Наличие транспортного запаздывания	Нет
Наличие химических реакций	Нет
Постоянный индекс	Да
Индекс в массиве	1

Рисунок 67 – Свойства трубопровода с тепловым портом

Далее следует привязать змеевик теплообменника к трубопроводу, и соединить змеевик с тепловым портом (Рисунок 68 –):



Совмещение теплообменника и теплового узла



Соединение змеевика с тепловым портом

Рисунок 68 – Привязка змеевика

Для теплообменника задаются геометрические параметры (описание см. Таблица 20 – Свойства ПСГ): длина теплообменника, нижняя и верхняя отметка теплообменника, рабочая поверхность и диаметр трубок (Рисунок 69 –):

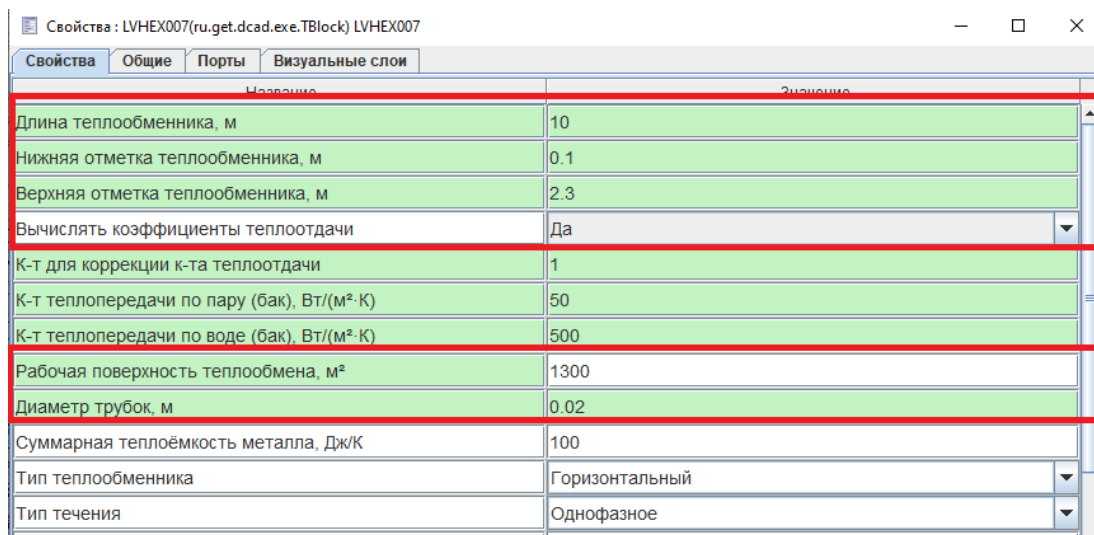


Рисунок 69 – Свойства змеевика теплообменника

Для корректного расчета теплообмена коэффициент теплоотдачи вычисляется программой (задается в свойствах).

3.2.4.8 Свойства обратного клапана

В свойствах обратного клапана указывается направление закрытия (Рисунок 70 –):

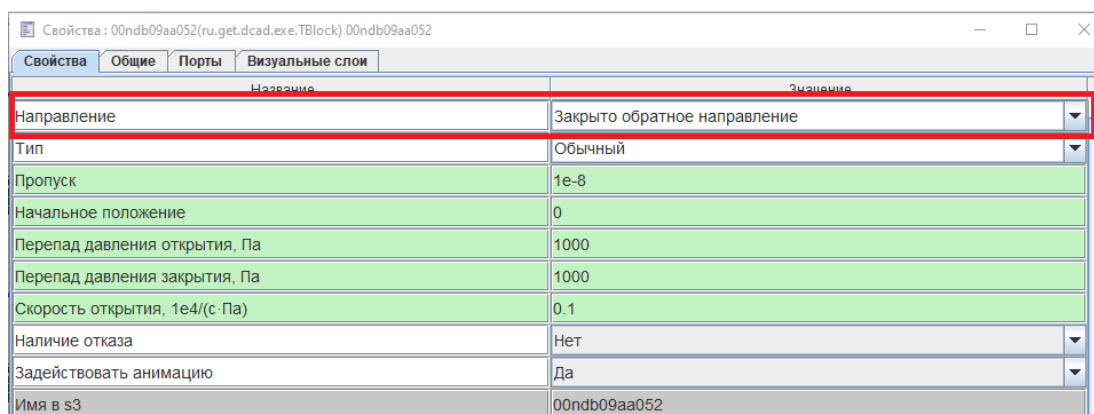


Рисунок 70 – Выбор направления обратного клапана

Направление выбирается в зависимости от направления трубопровода, на котором установлен обратный клапан.

Для определения направления трубопровода, необходимо на трубопроводе, выбрать действие и показать начало или конец (Рисунок 71 –):

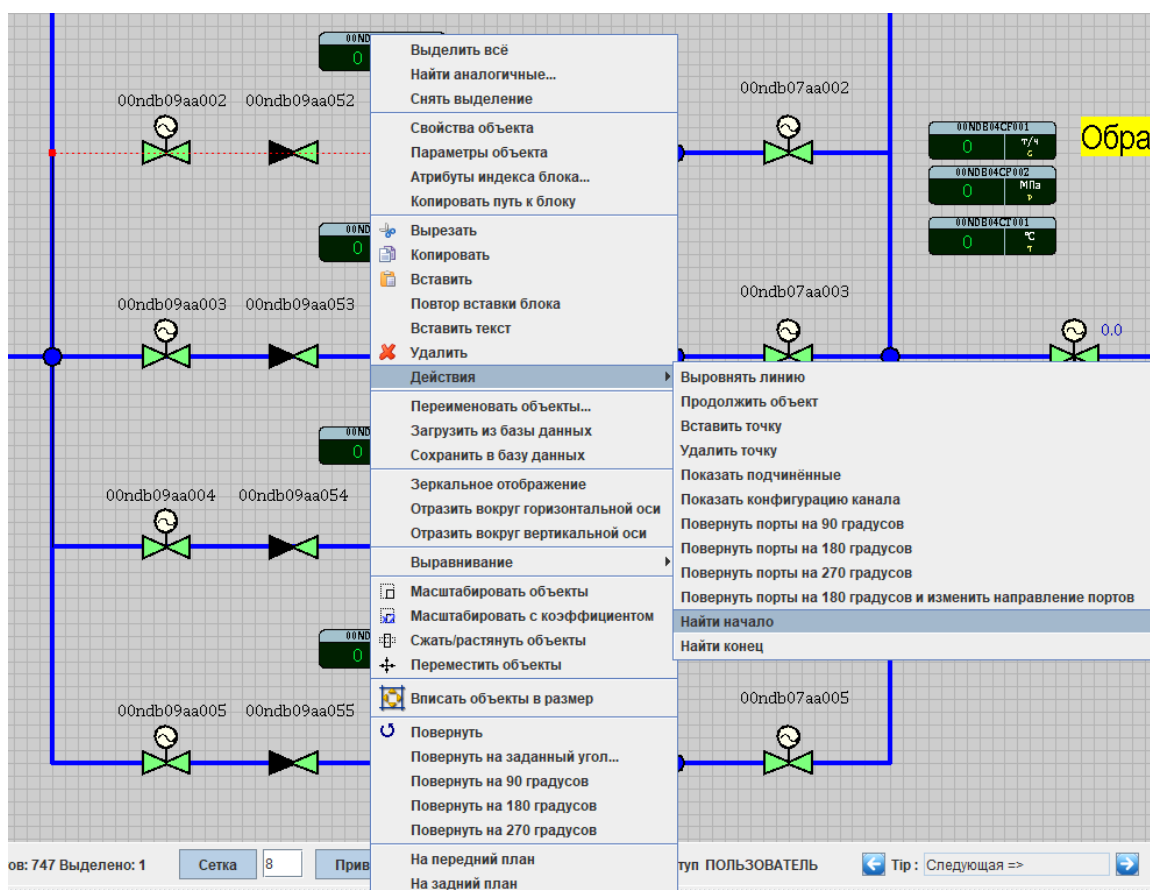


Рисунок 71 – Показать направление канала

3.2.4.9 Моделирование, отладка системы

Приближение к необходимым значениям, в заданных точках измерения, достигается путем изменения коэффициента проводимости или работой органов управления. Диаметры труб не меняются, они должны соответствовать исходным данным со схемы.

Электрифицированная и ручная арматура не являются органами управления. Они должны быть полностью открытыми. Органы управления – регулирующие клапаны, их положение изменяется в диапазоне от 0-100%.

Так как расчетный код ПО «САПФИР» моделирует идеальную систему, то для некоторых объектов математической модели допускается отходить от заданных исходных значений. Например, для теплообменников возможно изменения площади теплообмена.

Для системы сетевой воды, значения, которые необходимо получить при отладке, представлены в Таблица 21 –:

Таблица 21 – Значения

Объект	Ед. измерения	Значение
Обратная сетевая вода (синий цвет)		
00NDB04CF001	т/ч	2730
00NDB04CP002	МПа	0.18
00NDB04CT001	°C	52
82ndb00aa801	%	70
Насосы 1 подъема		
00NDB09CP001	МПа	0.73

АО ИТЦ «ДЖЭТ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
---------------	---	--------------------

Объект	Ед. измерения	Значение
00NDB09CP002	МПа	0.75
00NDB09CP003	МПа	0.19
00NDB09CP004	МПа	0.19
00NDB09CP005	МПа	0.75
ПСГ		
10NDB01CF001	т/ч	2730
10NDB11CT001	°C	52
10NDB11CP001	МПа	0.61
10NDA10CT001	°C	82
10NDA10CP002	МПа	0.5
10LCJ60CT001	°C	85
10LCJ62CP501	кПа(а)	100
10NDD10CL001	мм	150
10NDD10CL931	мм	650
10NDD10CP003	кПа(а)	Расчетное значение
Подвод пара (красный цвет)		
10LBD10CT001	°C	100
10LBD10CP001	кПа(а)	84
Прямая сетевая вода (синий цвет)		
00NDA01CF001	т/ч	2730
00NDA01CP001	МПа	0.48
82nda00aa801	%	100
Конденсатные насосы ПСГ		
10LCJ62CP001	МПа	1.49
10LCJ63CP001	МПа	1.49
10lcj64aa801	%	20
Конденсационный тракт (бирюзовый цвет)		
10LCJ60CT001	°C	85
10LCJ64CF001	т/ч	146.1
10NDB05CT503	°C	83
10NDB05CP503	МПа	0.7

В главном меню в пункте CMS собраны отдельные этапы автоматизации, которые позволяют исполнить либо отдельно генерацию def-файла (без запуска кодогенератора CMS), либо сгенерировать исходные тексты (но не собирать их в исполняемый файл), либо соединиться с собранной задачей в режиме отладки (Рисунок 72 —:

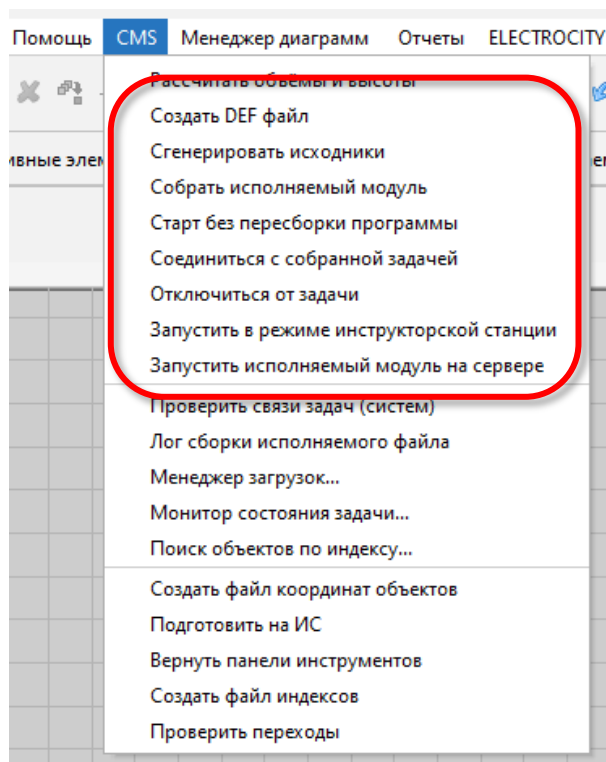


Рисунок 72 – Пункт «CMS» главного меню

3.3 Общие рекомендации по разработке

Прямая и обратная сетевая вода

Из граничного узла обратная сетевая вода в граничный узел прямой сетевой воды подается жидкая среда (вода). В узлах задают параметры воды, т.е. начальная суммарная массовая концентрация пара и газов задается равной 0, а концентрация воздуха так же приравнивается к 0.

Конденсационный тракт

В конденсационном тракте так же протекает жидкая среда (вода). Поэтому в узлах данного тракта начальная суммарная массовая концентрация пара и газов приравнивается к 0, концентрация воздуха приравнивается к 0.

Паровой тракт

В паровом тракте пар, отбираемый из турбины, поступает в ПСГ. Поэтому суммарная массовая концентрация пара и газов приравнивается к 1, а содержание газов к 0.

Атмосферный тракт

В атмосферном тракте в данной задаче присутствует только неконденсируемый газ (воздух), следовательно, суммарное содержание пара и газов приравнивается к 1 и содержание газов (воздух) приравнивается к 1. Параметры граничного узла, узла задаются равными нормальным условиям.

Насосное оборудование

На тракте, где устанавливается насос, недопустимо наличие воздуха, возможна кавитация насоса. Следует внимательно проверять концентрацию воздуха в узлах по тракту.

Коэффициент проводимости

АО ИТЦ «ДЖЭТ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
---------------	---	--------------------

Коэффициент проводимости на трубопроводах с обратным клапаном приравниваются к 0.7 или меньше, для трубопроводов с регулирующими клапанами приравнивается к 0.2 или меньше.

Теплообменник

Для достижения, требуемого теплоперепада в теплообменном оборудовании, допустимо отходить от паспортных параметров рабочей поверхности теплообмена, диаметра труб и длины теплообменника.

Дополнительные граничные узлы

Для упрощения отладки допускается моделирование дополнительного граничного узла. Например, для опорожнения баков, возможно дополнительно установить граничный узел для аварийного слива воды.

3.4 Настройка параметров схемы в процессе расчета

Если есть рабочая точка насоса, но нет характеристики для нее, то можно подобрать коэффициенты для построения расходно-напорной характеристики, чтобы получить в модели то, что требуется, или наоборот: задано то, что по характеристике должно быть, но в реальной установке экспериментальные данные другие, тогда можно скорректировать эти коэффициенты по сравнению с паспортными данными, чтобы учесть какие-то особенности реальной системы.

Для того, чтобы в узле сделать температуру стенки ближе к температуре окружающей среды, а не теплоносителя, можно снизить коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к металлу стенки.

Высотные отметки оборудования нужно задавать такие, какие выставлены в проекте (если есть данные).

Таким образом, меняя настройки (свойства) блоков, и анализируя получаемые результаты (наблюдая их на графике, или в точках контроля), происходит отладка расчетной схемы.

Меняя те или иные переменные и понимая, как они воздействуют на математическую модель, можно настраивать ее на требуемые состояния.

3.5 Метод установления параметров (выход на стационарные значения).

Метод установления параметров заключается в следующем: как правило, любая моделируемая гидравлическая система при отсутствии внешних воздействий (когда параметры граничных условий неизменны), положении арматуры и частоты вращения насосов и вентиляторов не меняется, температуры окружающей среды в узлах и баках не меняются. Тогда при неизменных внешних граничных условиях система приходит в состояние равновесия. При достижении равновесия в каждом узле, в каждом баке, в каждом канале все вычисляемые параметры перестают существенно меняться, приходят к некоторым стационарным значениям. Такой выход на стационарное значение может занимать разное время.

Таким свойством гидравлической модели пользуются при сохранении исходных состояний, как правило их сохраняют при равновесном и стационарном процессе, предварительно выдержав это состояние несколько минут и убедившись в устойчивости расчета.

б/н	72
-----	----

АО ИТЦ «ДЖЭТ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
---------------	---	--------------------

При каждом изменении, вносимом в модель, она будет претерпевать очередной переходной процесс, двигаясь в своем фазовом пространстве к следующей точке равновесия, соответствующей изменившемуся свойством.

Таким образом, происходит настройка системы или модели на требуемые параметры. Например, если мы не знаем, какое нужно выставить на канал местное гидравлическое сопротивление и в каком-нибудь месте, но знаем, что при таком-то расходе перепад давления на этом участке должен составлять 1 атмосферу, тогда, подбирая значение ksi для этого канала либо в автономной задаче, где расход можно задать постоянным, либо в текущей задаче, имея текущий расход – наблюдаем, какой получается расход через канал.

Если есть ряд последовательно соединенных каналов и известно давление, которое должно получаться в узлах, то нужно синхронно менять несколько диаметров или ksi для этих последовательно соединенных каналов. Таким образом, будут перераспределяться падения давления на всей трубе.

4 Выходные файлы

После компиляции схемы, CMS создает различные файлы, необходимые для запуска программы в режиме реального времени.

4.1 Графические файлы

Вы можете сохранить файл, содержащий схему, в любом месте и с любым именем на компьютере.

4.2 Файл задания значений массивов и переменных

Техническая информация, такая как коэффициенты трансформации или номинальные напряжения, сохраняется в отдельном файле в директории `~/[имя системы]/selects`. Имя файла формируется по следующему правилу:

`[имя системы]_[номер задачи].dat`

Номер задачи и система указываются в параметрах схемы. Этот файл может быть модифицирован из графического редактора или вручную.

4.3 Файлы с исходным кодом программы

После успешной генерации кода программы, Вы получаете набор файлов, содержащих математическую модель Вашей схемы. Эти файлы расположены в директории `~/[имя системы]/sources`. Каждый файл имеет в своем начале заголовок, в котором дается краткое описание, что делает конкретный модуль. Вот имена этих файлов:

- s.[имя системы]d0[номер задачи]h (s.sbd012h)
- s.s[имя системы]1el[номер задачи] (s.ssb1el12)
- s.s[имя системы]1jn[номер задачи] (s.ssb1jn12)
- s.s[имя системы]2el[номер задачи] (s.ssb2el12)
- s.s[имя системы]2jn[номер задачи] (s.ssb2jn12)
- s.s[имя системы]bat[номер задачи] (s.ssbbat12)
- s.s[имя системы]rec[номер задачи] (s.ssbrec12)
- s.s[имя системы]dis[номер задачи] (s.ssbdis12)
- s.s[имя системы]elm[номер задачи] (s.sselm12)
- s.s[имя системы]inh[номер задачи] (s.ssbinh12)
- s.s[имя системы]trm[номер задачи] (s.ssbtrm12)

4.4 Файлы базы данных

Файлы базы данных содержат все имена переменных, используемых в CMS для расчетов и список модулей, используемых программой. Эти файлы используются как входные для базы данных. Они имеют формат для прямого ввода их в базу данных. Имена файлов формируются по следующему правилу:

АО ИТЦ «ДЖЭТ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
---------------	---	--------------------

[имя системы]_[номер задачи]_dbm

[имя системы]_[номер задачи]_dsd

Код генератор создает файл базы данных в директории ~/[имя системы]/selects.

б/н	75
-----	----

АО ИТЦ «ДЖЭТ»	Программное обеспечение CMS Руководство пользователя	Номер редакции 1.0
---------------	---	--------------------

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) ГОСТ 19.105–78 ЕСПД. Общие требования к программным документам (Раздел «Аннотация»).

Лист регистрации изменений

[illegible]