

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|-----------|--|-----------|
| | Предисловие для Оператора | 4 |
| 1. | НАСОС И КЛАПАН | 5 |
| 1.1 | Описание технологического узла | 5 |
| 1.2 | Принципы управления | 6 |
| 1.3 | Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы | 6 |
| 1.3.1 | Измеряемые переменные (датчики) | 6 |
| 1.3.2 | Аналоговые управляющие параметры (регуляторы) | 6 |
| 1.3.3 | Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи) | 6 |
| 1.4 | Стандартные процедуры | 7 |
| 1.4.1 | Холодный старт | 7 |
| 1.4.2 | Нормальный останов | 8 |
| 2. | СИСТЕМА ЕМКОСТЕЙ | 10 |
| 2.1 | Описание технологического узла | 10 |
| 2.2 | Принципы управления | 10 |
| 2.3 | Измеряемые и управляющие переменные системы емкостей и их значения в нормальном режиме работы | 11 |
| 2.3.1 | Измеряемые переменные (датчики) | 11 |
| 2.3.2 | Аналоговые управляющие параметры (регуляторы) | 12 |
| 2.3.3 | Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи) | 12 |
| 2.4 | Стандартные процедуры | 12 |
| 2.4.1 | Холодный старт | 12 |
| 2.4.2 | Нормальный останов | 14 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3. | ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ КОМПРЕССОР | 16 |
| 3.1 | Описание узла компримирования | 16 |
| 3.2 | Принципы управления | 16 |
| 3.3 | Измеряемые и управляющие переменные узла компримирования и их значения в нормальном режиме работы | 17 |
| 3.3.1 | Измеряемые переменные (датчики) | 17 |
| 3.3.2 | Аналоговые управляющие параметры (регуляторы) | 18 |
| 3.3.3 | Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи) | 19 |
| 3.4 | Стандартные процедуры | 19 |
| 3.4.1 | Холодный старт | 19 |
| 3.4.2 | Нормальный останов | 21 |
| 4. | СМЕСИТЕЛЬНЫЙ РЕЗЕРВУАР | 23 |
| 4.1 | Описание технологического узла | 23 |
| 4.2 | Принципы управления | 23 |
| 4.3 | Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы | 24 |
| 4.3.1 | Измеряемые переменные (датчики) | 24 |
| 4.3.2 | Аналоговые управляющие параметры (регуляторы) | 25 |
| 4.3.3 | Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи) | 25 |
| 4.4 | Стандартные процедуры | 25 |
| 4.4.1 | Холодный старт | 25 |
| 4.4.2 | Нормальный останов | 27 |
| 5. | ТЕПЛООБМЕННИК | 29 |
| 5.1 | Описание технологического узла | 29 |
| 5.2 | Принципы управления | 29 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.3 | Измеряемые и управляющие переменные узла нагрева и их значения в нормальном режиме работы | 30 |
| 5.3.1 | Измеряемые переменные (датчики) | 30 |
| 5.3.2 | Аналоговые управляющие параметры (регуляторы) | 30 |
| 5.3.3 | Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи) | 31 |
| 5.4 | Стандартные процедуры | 31 |
| 5.4.1 | Холодный старт | 31 |
| 5.4.2 | Нормальный останов | 33 |
| | | |
| 6. | СЕПАРАТОР | 34 |
| | | |
| 6.1 | Описание технологического узла | 34 |
| 6.2 | Принципы управления | 34 |
| 6.3 | Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы | 35 |
| 6.3.1 | Измеряемые переменные (датчики) | 35 |
| 6.3.2 | Аналоговые управляющие параметры (регуляторы) | 36 |
| 6.3.3 | Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи) | 36 |
| 6.4 | Стандартные процедуры | 36 |
| 6.4.1 | Холодный старт | 36 |
| 6.4.2 | Нормальный останов | 38 |

Уважаемый Оператор!

Тренажерные модели базовых технологических узлов разработаны, чтобы помочь Вам лучше понять процессы и работу оборудования в типовых аппаратах, входящих в состав крупных установок, а также выработать у Вас навыки безопасного и эффективного управления.

Настоящее «Руководство по обучению» призвано помочь Вам в освоению шести базовых технологических узлов:

- Насос и клапан
- Система емкостей
- Центробежный компрессор (упрощенная модель)
- Смесительный резервуар
- Теплообменник
- Сепаратор

По каждому из вышеперечисленных средств Руководство содержит схему и краткое описание моделируемого технологического узла, принципы управления, перечни измеряемых переменных, управляющих параметров и инструкторских ключей, описание стандартных процедур (пуск, останов).

В тренажере на станции Оператора воспроизводится операторская среда типовой распределенной системы управления технологическим процессом, что позволяет Вам легко диагностировать и устранять неисправности оборудования и нарушения режимов работы.

До начала обучения на тренажере базовых технологических узлов рекомендуем Вам познакомиться со структурой операторского интерфейса и принципами управления процессом с использованием компьютерной системы управления. Эта информация подробно изложена в документе **«Рабочая станция оператора – Руководство пользователя»**.

Желаем успехов!

1. НАСОС И КЛАПАН

1.1 Описание технологического узла

В тренажере моделируется система из двух герметизированных емкостей: всасывающей (Е-1) и рабочей (Е-2) – между которыми насосом перекачивается рабочая жидкость (см. рис. 1). Расход жидкости поддерживается регулятором, клапан которого расположен на перетоке. В качестве рабочей жидкости используется вода, емкости герметизируются защитным слоем азота. Эта система позволяет обучать Операторов управлению насосом и клапанной сборкой регулятора.

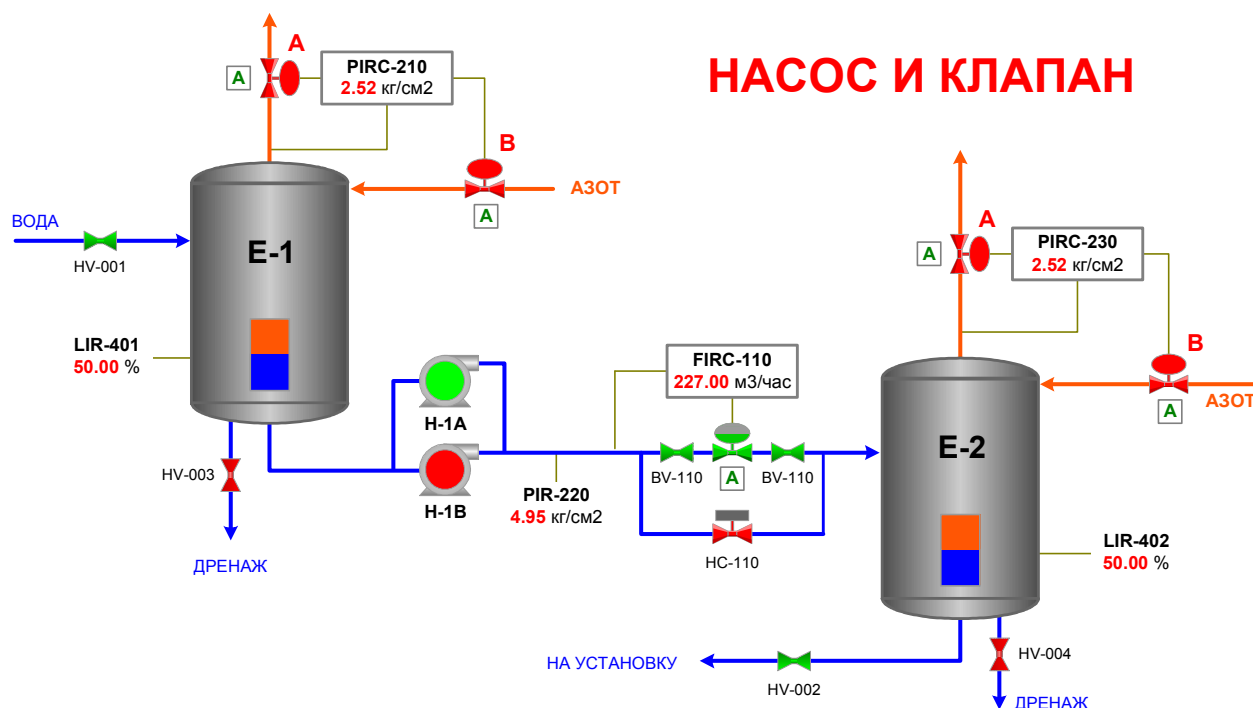


Рис. 1. Схема технологического узла «Насос и клапан»

1.2 Принципы управления

Вода подается в емкость всасывания насосов Е-1. Датчик LIR-401 контролирует уровень жидкости в Е-1.

Давление в емкости Е-1 поддерживает двухканальный регулятор PIRC-210. Клапан «А» регулятора выпускает азот в атмосферу, когда давление превосходит уставку регулятора, а через клапан «В» азот подается в емкость, если давление ниже уставки.

Вода из Е-1 откачивается основным насосом Н-1А (или резервным насосом Н-1В) в рабочую емкость Е-2; ее расход поддерживает регулятор FIRC-110 с помощью клапана FV-110, расположенного на трубопроводе от насосов в емкость Е-2. Датчик PIR-220 показывает давление в линии нагнетания насосов Н-1А,В. Давление в емкости Е-2 также поддерживается с помощью азота и регулируется двухканальным регулятором PIRC-230, аналогичным PIRC-210. Датчик LIR-402 контролирует уровень жидкости в Е-2.

1.3 Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы

1.3.1 Измеряемые переменные (датчики)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|--------------------|--|----------------------|---------------------------------|
| FIRC-110 | Поток воды из Е-1 в Е-2 | м ³ /ч | 227.00 |
| LIR-401 | Уровень в емкости Е-1 | % | 50.00 |
| LIR-402 | Уровень в емкости Е-2 | % | 50.00 |
| PIR-220 | Давление нагнетания насосов Н-1/А,В | кг/см ² | 4.95 |
| PIRC-210 | Давление в емкости Е-1 | кг/см ² | 2.52 |
| PIRC-230 | Давление в емкости Е-2 | кг/см ² | 2.52 |

1.3.2 Аналоговые управляющие параметры (регуляторы)

| № позиции (тэг) | Регулируемая переменная | Выход на клапан (%) | Режим управления | Тип регулируем. |
|--------------------|--|------------------------|---------------------|--------------------|
| FIRC-110 | Поток воды из Е-1 в Е-2 | 38.3 | Авто | Лок |
| НС-110 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора FIRC-110 | 0.0 | Ручн | — |
| PIRC-210 | Давление в емкости Е-1 | «А» 0.0 «В» 0.0 | Авто | Лок |
| PIRC-230 | Давление в емкости Е-2 | «А» 0.0 «В» 0.0 | Авто | Лок |

1.3.3 Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи)

| Имя ключа (тэг) | Оборудование / Назначение | Положение ключа |
|--------------------|--|--------------------|
| BV-110 | Отсекатели регулирующего клапана FV-110 | ОТКР |
| HV-001 | Отсекатель на линии подачи жидкости в емкость Е-1 | ОТКР |
| HV-002 | Отсекатель на линии отвода жидкости из емкости Е-2 | ОТКР |
| HV-003 | Отсекатель на линии дренажа емкости Е-1 | ЗАКР |
| HV-004 | Отсекатель на линии дренажа емкости Е-2 | ЗАКР |
| Н-1А | Основной насос откачки воды из емкости Е-1 | ВКЛ |
| Н-1В | Резервный насос откачки воды из емкости Е-1 | ВЫКЛ |

1.4 Стандартные процедуры

К числу *стандартных процедур* в тренажерной модели «Насос и клапан» относятся «Холодный старт» и «Нормальный останов». Стратегия действий Оператора и подробная последовательность операций приведены ниже.

1.4.1 Холодный старт

Общие замечания

Цель упражнения «Холодный старт» – научить Вас последовательности действий, необходимых для безопасного и правильного пуска узла перекачки жидкости.

Предполагается, что необходимое оборудование до и после системы емкостей (т.е. выше и ниже ее по технологической цепочке) готово к пуску. Прежде, чем подавать рабочую жидкость в технологический узел, необходимо, чтобы все системы общего пользования были запущены, проверены и готовы к работе.

Предполагается, что следующие системы, которые не моделируются в тренажере, находятся в состоянии готовности для пуска:

1. Оборудование для подачи рабочей жидкости
2. Емкость для приема рабочей жидкости
3. Заводские системы общего назначения:
 - Заводской и приборный воздух
 - Система электроснабжения
 - Система подачи азота
 - Дренажная система.

Оператор должен быть уверен, что все из перечисленных ниже предпусковых операций выполнены и оборудование готово к началу пуска.

Предпусковые операции:

1. Промывка и очистка трубопроводов и оборудования, удаление заглушек.
2. Проверка проходимости трубопроводов по всей технологической цепочке с обязательным контролем наличия давления.
3. Прием на установку электроэнергии, воздуха КИП и технологического воздуха, азота.
4. Проверка работоспособности оборудования, подготовка к работе и обкатка насосов.
5. Проверка и введение в работу приборов КИП (все регуляторы должны находиться в ручном режиме с закрытыми регулирующими клапанами).
6. Уведомление о начале пуска персонала всех служб, связанных с работой узла.

Ниже описывается *процедура пуска*, т.е. последовательность действий Оператора при пуске технологического узла.

Процедура

Оператор должен выполнить следующие действия:

1. Подать воду в емкость Е-1. Для этого открыть отсекающий клапан HV-001 на линии воды в Е-1. Уровень в емкости контролировать по показаниям датчика LIR-401.
На реальной установке, если емкости не снабжена уровнемером, контроль заполнения ведут по мерному стеклу.
2. Пустить азот в Е-1. Для этого открыть клапан «В» регулятора PIRC-210.
3. Когда давление в Е-1 будет близко к 2.52 кг/см^2 , перевести регулятор PIRC-210 в автоматический режим с уставкой 2.52 кг/см^2 .
4. Аналогичным образом герметизировать емкость Е-2, используя клапан «В» регулятора PIRC-230. Перевести регулятор в автоматический режим с уставкой 2.52 кг/см^2 .
5. Когда уровень в емкости Е-1 повысится приблизительно до 40%, включить насос Н-1А.
6. Открыть отсекающие (BV-110) регулирующие клапаны на клапанной сборке прибора FIRC-110.
7. Вручную открыть клапан FV-110 регулятора расхода FIRC-110 на 10-20%.
8. Следить за ростом уровня в емкости Е-2 по показаниям датчика LIR-402.
9. Когда уровень в емкости Е-1 повысится до 50%, для поддержания его вблизи 50% постепенно увеличивать расход воды через насосы, открывая клапан FV-110. Когда расход воды будет близок к $227.0 \text{ м}^3/\text{ч}$, перевести регулятор расхода воды FIRC-110 в автоматический режим с уставкой $227.0 \text{ м}^3/\text{ч}$.
10. Когда уровень повысится до 45-50%, открыть отсекающий клапан HV-002 на линии отвода жидкости из Е-2.

Через некоторое время узел перекачки жидкости выйдет на нормальный режим работы.

1.4.2 Нормальный останов

Общие замечания

Цель упражнения «Нормальный останов» – научить Оператора необходимой последовательности действий для правильного и безопасного отключения оборудования.

Полный останов узла перекачки жидкости производится обычно для проведения планового ремонта основного оборудования или из-за производственной необходимости по указанию руководства. Все заинтересованные службы должны быть уведомлены о предстоящем отключении.

Процедура

Оператор должен выполнить следующие действия:

1. Прекратить подачу воды в Е-1, закрыв отсекаТЕЛЬ HV-001.
2. Когда уровень в Е-1 понизится до 5-10%, перевести регулятор расхода FIRC-110 в ручной режим и закрыть клапан. Закрыть отсекатели BV-110 у регулирующего клапана на клапанной сборке прибора FIRC-110.
3. Выключить насос Н-1А.
4. Дренировать остаток жидкости из емкости Е-1. Для этого открыть отсекаТЕЛЬ HV-003 на линии дренажа из Е-1. После опустошения емкости отсекаТЕЛЬ закрыть.
5. Перевести регулятор давления PIRC-210 в ручной режим. Закрыть клапан «В» и открыть клапан «А» , чтобы сбросить давление в емкости Е-1.
6. Когда уровень в Е-2 понизится до 5%, закрыть отсекаТЕЛЬ HV-002 на линии отвода воды.
7. Дренировать остаток жидкости из емкости Е-2. Для этого открыть отсекаТЕЛЬ HV-004 на линии дренажа из Е-2 После опустошения емкости отсекаТЕЛЬ закрыть.
8. Перевести регулятор давления PIRC-230 в ручной режим. Закрыть клапан «В» и открыть клапан «А» , чтобы сбросить давление в емкости Е-2.
9. Когда давление в емкостях Е-1 и Е-2 понизится до значений, близких к 0 кг/см², закрыть оба клапана «А».

На реальном производстве далее следует сбросить давление с корпусов насосов подготовить систему для безопасной работы персонала при ремонте или техническом обслуживании оборудования. Эти операции в тренажере не моделируются и должны выполняться в соответствии с действующими на предприятии инструкциями.

2. СИСТЕМА ЕМКостей

2.1 Описание технологического узла

Моделируется система из двух емкостей, между которыми самотеком перетекает рабочая жидкость (см. рис. 2). Эта система позволяет демонстрировать принципы гидростатики. Емкости расположены на разной высоте. Чтобы изменить расход рабочей жидкости на перетоке между емкостями, можно изменять давления и уровни в емкостях.

В качестве рабочей жидкости используется вода.

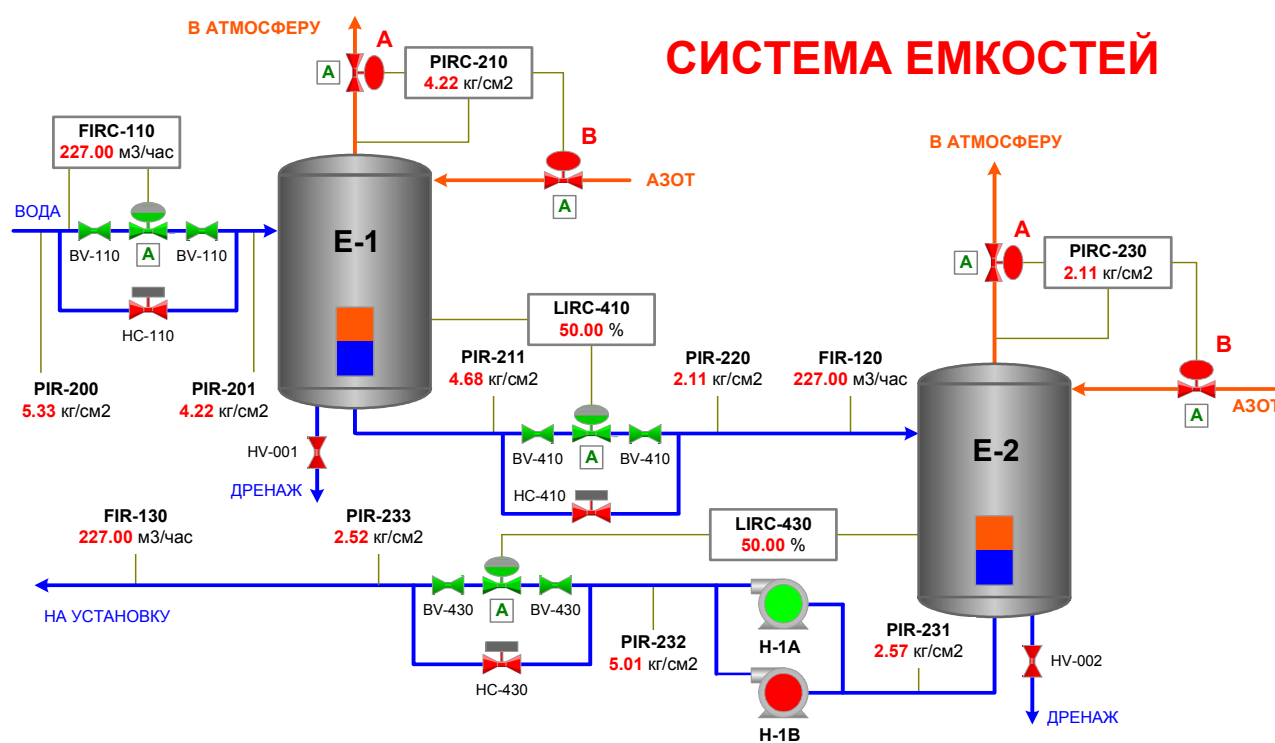


Рис. 2. Схема системы емкостей

2.2 Принципы управления

Вода подается в емкость E-1 с расходом, который поддерживается регулятором FIR-110 с помощью клапана FV-110, расположенного на трубопроводе подачи воды в E-1. Датчик PIR-200 контролирует давление во входном трубопроводе, датчик PIR-201 – на входе в E-1.

Давление в емкости E-1 поддерживает двухканальный регулятор PIRC-210. Клапан «А» регулятора выпускает азот в атмосферу, когда давление превосходит уставку регулятора, а через клапан «В» азот подается в емкость, когда давление ниже уставки. Имеется зона нечувствительности, когда оба клапана закрыты: азот не выпускается из емкости и не подается в нее.

Вода вытекает из нижней части емкости Е-1 по трубопроводу, на котором расположен клапан LV-410 регулятора LIRC-410, поддерживающего заданный уровень в емкости Е-1. Датчик давления PIR-211 показывает давление на выходе из емкости Е-1.

Вода перетекает в емкость Е-2, датчик FIR-120 показывает расход воды на перетоке в Е-2, датчик PIR-220 – давление на входе в Е-2. Давление в емкости Е-2, как и давление в емкости Е-1, поддерживается с помощью азота и регулируется двухканальным регулятором PIRC-230.

Вода из Е-2 откачивается основным насосом Н-1А или резервным насосом Н-1В по трубопроводу с клапаном LV-430 регулятора LIRC-430, который поддерживает заданный уровень в емкости Е-2. Датчик PIR-231 показывает давление выпуска воды из Е-2, датчик PIR-232 – давление нагнетания насосов Н-1/А,В, датчик PIR-233 – давление после клапана LV-430, датчик FIR-130 – расход воды из Е-2.

При уходе уровня в емкости Е-2 насосы Н-1/А,В сбрасывают. Для возврата их в работу требуется их перепуск (выключить и снова включить).

2.3 Измеряемые и управляющие переменные системы емкостей и их значения в нормальном режиме работы

2.3.1 Измеряемые переменные (датчики)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|----------------------------|--|------------------------------|---|
| FIRC-110 | Расход воды в емкость Е-1 | м ³ /ч | 227.00 |
| FIR-120 | Расход воды из Е-1 в Е-2 | м ³ /ч | 227.00 |
| FIR-130 | Расход воды из Е-2 | м ³ /ч | 227.00 |
| LIRC-410 | Уровень воды в емкости Е-1 | % | 50.00 |
| LIRC-430 | Уровень воды в емкости Е-2 | % | 50.00 |
| PIR-200 | Давление воды во входном трубопроводе | кг/см ² | 5.33 |
| PIR-201 | Давление воды на входе в Е-1 | кг/см ² | 4.22 |
| PIRC-210 | Давление в емкости Е-1 | кг/см ² | 4.22 |
| PIR-211 | Давление воды на выходе из Е-1 | кг/см ² | 4.68 |
| PIR-220 | Давление воды на входе в Е-2 | кг/см ² | 2.11 |
| PIRC-230 | Давление в емкости Е-2 | кг/см ² | 2.11 |
| PIR-231 | Давление воды на выходе из Е-2 | кг/см ² | 2.58 |
| PIR-232 | Давление нагнетания насосов Н-1/А,В | кг/см ² | 5.02 |
| PIR-233 | Давление после клапана LV-430 | кг/см ² | 2.52 |

2.3.2 Аналоговые управляющие параметры (регуляторы)

| № позиции (тэг) | Регулируемая переменная | Выход на клапан (%) | Режим управления | Тип регулируем. |
|--------------------|--|------------------------|---------------------|--------------------|
| FIRC-110 | Поток воды в Е-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| НС-110 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора FIRC-110 | 0.0 | Ручн | – |
| НС-410 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора LIRC-410 | 0.0 | Ручн | – |
| НС-430 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора LIRC-430 | 0.0 | Ручн | – |
| LIRC-410 | Уровень воды в Е-1 | 40.3 | Авто | Лок |
| LIRC-430 | Уровень воды в Е-2 | 39.6 | Авто | Лок |
| PIRC-210 | Давление газа в емкости Е-1 | «А» 0.0 «В» 0.0 | Авто | Лок |
| PIRC-230 | Давление газа в емкости Е-2 | «А» 0.0 «В» 0.0 | Авто | Лок |

2.3.3 Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи)

| Имя ключа (тэг) | Оборудование / Назначение | Положение ключа |
|--------------------|---|--------------------|
| BV-110 | Отсекатели регулирующего клапана FV-110 | ОТКР |
| BV-410 | Отсекатели регулирующего клапана LV-410 | ОТКР |
| BV-430 | Отсекатели регулирующего клапана LV-430 | ОТКР |
| HV-001 | Отсекатель на линии дренажа емкости Е-1 | ЗАКР |
| HV-002 | Отсекатель на линии дренажа емкости Е-2 | ЗАКР |
| H-1A | Основной насос воды | ВКЛ |
| H-1B | Резервный насос воды | ВЫКЛ |

2.4 Стандартные процедуры

К числу стандартных процедур в тренажерной модели «Система емкостей» относятся «Холодный старт» и «Нормальный останов». Стратегия действий Оператора и подробная последовательность операций приведены ниже

2.4.1 Холодный старт

Упражнение «Холодный старт» позволит Вам изучить последовательных действий, необходимых для безопасного и правильного пуска узла.

Предполагается, что необходимое оборудование до и после системы емкостей (т.е. выше и ниже ее по технологической цепочке) готово к пуску. Прежде, чем подавать рабочую жидкость в технологический узел, необходимо, чтобы все системы общего пользования были запущены, проверены и готовы к работе.

Предполагается, что следующие системы, которые не моделируются в тренажере, находятся в состоянии готовности для пуска:

1. Оборудование для подачи рабочей жидкости
2. Емкость для приема рабочей жидкости
3. Заводские системы общего назначения:
 - Заводской и приборный воздух
 - Система электроснабжения
 - Система подачи азота
 - Дренажная система.

Оператор должен быть уверен, что все из перечисленных ниже предпусковых операций выполнены и оборудование готово к началу пуска.

Предпусковые операции:

1. Промывка и очистка трубопроводов и оборудования, удаление заглушек.
2. Проверка проходимости трубопроводов по всей технологической цепочке с обязательным контролем наличия давления.
3. Прием на установку электроэнергии, воздуха КИП и технологического воздуха, азота.
4. Проверка работоспособности оборудования, подготовка к работе и обкатка насосов.
5. Проверка и введение в работу приборов КИП (все регуляторы должны находиться в ручном режиме с закрытыми регулируемыми клапанами).
6. Уведомление о начале пуска персонала всех служб, связанных с работой узла.

Ниже описывается процедура пуска, т.е. последовательность действий Оператора при пуске технологического узла.

Процедура

Оператор должен выполнить следующие действия:

1. Подать воду в емкость Е-1. Для этого открыть отсекатели BV-110 регулирующего клапана на клапанной сборке и клапан регулятор расхода FIRC-110 на 25 %.
2. Открыть клапан «В» регулятора PIRC-210 приблизительно на 50%, чтобы пустить азот в емкость Е-1.
3. Когда давление в Е-1 будет близко к 4.22 кг/см^2 , перевести регулятор PIRC-210 в автоматический режим с уставкой 4.22 кг/см^2 .

4. Когда уровень жидкости в емкости Е-1 (датчик LIRC-410) приблизится к 30%, открыть отсекатели BV-410 регулирующего клапана на клапанной сборке прибора LIRC-410 Открыть вручную клапан LV-410 на перетоке, чтобы подать жидкость в емкость Е-2.
5. Когда датчик LIRC-430 зафиксирует повышение уровня в емкости Е-2 приблизительно до 10%, открыть клапан «В» регулятора PIRC-230 примерно на 20%, чтобы пустить азот.
6. Когда давление в емкости Е-2 приблизится к 2.11 кг/см^2 , перевести регулятор PIRC-230 в автоматический режим с уставкой 2.11 кг/см^2 .
7. Когда уровень в емкости Е-1 повысится до 50%, перевести регулятор LIRC-410 в автоматический режим с уставкой 50%.
8. Когда уровень в емкости Е-2 повысится приблизительно до 40%, запустить насос Н-1А.
9. Открыть отсекатели BV-430 регулирующего клапана на клапанной сборке прибора LIRC-430.
10. Вручную слегка открыть клапан LV-430 регулятора LIRC-430, чтобы установить небольшой отвод жидкости из Е-2.
11. Когда уровень в Е-2 повысится до 50%, перевести регулятор LIRC-430 в автоматический режим с уставкой 50%.
12. Перевести регулятор расхода воды FIRC-110 в автоматический режим и постепенно увеличивать уставку на расход до $227.0 \text{ м}^3/\text{ч}$.

После этого система емкостей выйдет на расчетный режим работы.

2.4.2 Нормальный останов

Общие замечания

Цель упражнения «Нормальный останов» - научиться последовательности действий для правильного и безопасного отключения узла.

Полный останов технологического узла производится обычно для проведения планового ремонта основного оборудования или из-за производственной необходимости по указанию руководства. Все заинтересованные службы должны быть уведомлены о предстоящем отключении.

Процедура

Оператор должен выполнить следующие действия:

1. Прекратить подачу воды в емкость Е-1. Для этого перевести регулятор FIRC-110 в ручной режим и полностью закрыть его клапан.
2. Перевести регулятор LIRC-410 в ручной режим и оставить клапан открытым, чтобы опорожнить емкость Е-1.

3. Когда уровень в емкости Е-1 понизится приблизительно до 5%, закрыть клапан регулятора LIRC-410.
4. Перевести регулятор LIRC-430 в ручной режим с открытым клапаном, чтобы осушить емкость Е-2.
5. Когда уровень в емкости Е-2 (датчик LIRC-430) составит 5-10%, отключить насос Н-1А.
6. Открыть отсекатели HV-001 и HV-002, чтобы сдренировать остатки жидкости из емкостей Е-1 и Е-2 соответственно. После опустошения емкостей закрыть отсекатели HV-001 и HV-002.
7. Перевести регуляторы давления PIRC-210 и PIRC-230 в ручной режим. Закрыть клапаны «В» и открыть клапаны «А», чтобы сбросить давление.
8. Когда датчики PIRC-210 и PIRC-230 покажут 0 кг/см², закрыть все регулирующие клапаны.
9. Закрыть отсекатели BV-110, BV-410, BV-430 регулирующих клапанов на всех клапанных сборках.

Операции по подготовке аппаратов к ремонту в тренажере не моделируются и должны выполняться в соответствии с действующими на предприятии инструкциями

3. ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ КОМПРЕССОР

3.1 Описание узла компримирования

Моделируется типичный центробежный компрессор с паровым приводом вместе с его базовым оборудованием (см. рис. 3). Рабочим газом является газообразный пропан. Назначение тренажера состоит в том, чтобы выработать у Операторов понимание принципов сжатия газа и навыки управления узлом компримирования.

Рабочий газ проходит через всасывающую емкость с регулируемым давлением, после чего попадает на всасывающую сторону (на «прием») компрессора. Газ сжимается и проходит в выходной трубопровод («выкид» компрессора) с регулируемым давлением перед тем, как выйти из системы.

Компрессор имеет байпас минимального расхода, который используется для предотвращения помпажа, когда прямоток газа меньше, чем минимально необходимый для компрессора.

Скорость паротурбинного привода регулируется по выходному давлению газа от компрессора.



Рис. 3. Схема узла компримирования

3.2 Принципы управления

Холодный рабочий газ подается во всасывающий барабан E-1 и, далее, в приемный трубопровод компрессора. Давление во входном трубопроводе из E-1 поддерживает регулятор PIRC-200, клапан которого PV-200 расположен в линии подачи газа в E-1. Датчик TIR-310 контролирует температуру в E-1, датчик FIR-100 – расход рабочего газа в емкость E-1.

Уровень конденсата в Е-1 контролирует датчик LIR-400. Конденсат по мере набора уровня сбрасывается из Е-1 через ручную задвижку НС-001. Для аварийного сброса давления на емкости Е-1 установлен предохранительный клапан с регулируемой задвижкой НС-003 на байпасе пружинного предохранительного клапана (ППК).

Газ поступает на всасывающую сторону компрессора ТК-1 и сжимается до более высокого давления, когда проходит через ступени компрессора. Сжатый газ выходит из компрессора при заданном давлении, которое поддерживает регулятор PIRC-210. При сжатии температура рабочего газа повышается, ее показывает датчик TIR-320.

Регулятор PIRC-210 управляет скоростью паротурбинного привода с помощью клапана PV-210, расположенного на линии подачи пара к турбине. Датчик XIR-700 показывает скорость компрессора.

Газ затем проходит в выходной трубопровод компрессора и отводится после охлаждения в водяном холодильнике Х-1 в емкость с постоянным давлением 10 кг/см². Газ отводится через клапан FV-130 регулятора расхода FIRC-130. Датчик TIR-330 показывает температуру газа после холодильника Х-1.

Если прямоток газа от ТК-1 станет ниже уровня помпажа компрессора, регулятор FIRC-120 открывает клапан FV-120 на байпасе компрессора, чтобы предотвратить возникновение помпажа. После охлаждения газ возвращается в емкость Е-1 на всасывающую сторону компрессора. Датчик FIR-110 контролирует расход газа по байпасу.

При выходе основных параметров узла компримирования за границы рабочего диапазона появляется предупредительная или аварийная сигнализация.

При уменьшении расхода газа от компрессора появляется предупредительное сообщение Оператору: «ВОЗМОЖЕН ПОМПАЖ».

При увеличении скорости компрессора выше 18 тыс. оборотов в минуту или по достижении в емкости Е-1 60%-ного уровня срабатывает автоматическая блокировка: закрывается отсекающий клапан HV-010 на линии пара к турбине, чтобы остановить турбокомпрессор.

3.3 Измеряемые и управляющие переменные узла компримирования и их значения в нормальном режиме работы

3.3.1 Измеряемые переменные (датчики)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|----------------------------|---|------------------------------|---|
| FIR-100 | Расход газа в Е-1 | нм ³ /ч | 60006.00 |
| FIR-110 | Расход рецикла газа по байпасу компрессора ТК-1 | нм ³ /ч | 0.00 |
| FIRC-120 | Расход сжатого газа от ТК-1 | нм ³ /ч | 60000.00 |

Продолжение таблицы см. на следующей странице

3.3.1 Измеряемые переменные (Продолжение)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|----------------------------|--|------------------------------|---|
| FIRC-130 | Расход газа с установки | нм ³ /ч | 60000.00 |
| LIR-400 | Уровень конденсата в E-1 | % | 1.14 |
| PIRC-200 | Давление во всасывающей емкости E-1 | кг/см ² | 2.00 |
| PIRC-210 | Давление газа на выходе компрессора ТК-1 | кг/см ² | 12.00 |
| TIR-300 | Температура газа на входе в E-1 | °C | 50.00 |
| TIR-310 | Температура в E-1 | °C | 50.00 |
| TIR-320 | Температура сжатого газа от компрессора ТК-1 | °C | 90.00 |
| TIR-330 | Температура газа после X-1 | °C | 60.00 |
| XIR-700 | Скорость компрессора | об./мин | 10000.00 |

3.3.2 Аналоговые управляющие параметры (регуляторы)

| № позиции (тэг) | Регулируемая переменная | Выход на клапан (%) | Режим управления | Тип регулируем. |
|----------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| FIRC-120 | Расход сжатого газа от ТК-1 | 0.0 | Авто | Лок |
| FIRC-130 | Расход газа с установки | 50.0 | Авто | Лок |
| HC-001 | Задвижка на линии сброса конденсата из E-1 | 0.0 | Ручн | — |
| HC-002 | Задвижка на линии подачи воды в холодильник X-1 | 50.0 | Ручн | — |
| HC-003 | Задвижка на байпасе предохранительного клапана емкости E-1 | 0.0 | Ручн | — |
| HC-130 | Задвижка на байпасе регулир. клапана прибора FIRC-130 | 0.0 | Ручн | — |
| PIRC-200 | Давление во всасывающей емкости E-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| PIRC-210 | Давление газа на выкиде компрессора ТК-1 | 50.0 | Авто | Лок |

3.3.3 Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи)

| Имя ключа (тэг) | Оборудование / Назначение | Положение ключа |
|--------------------|---|--------------------|
| NV-001 | Отсекатель на линии рабочего газа в Е-1 | ОТКР |
| NV-002 | Отсекатель на приемном трубопроводе ТК-1 | ОТКР |
| NV-003 | Отсекатель на выходном трубопроводе ТК-1 | ОТКР |
| NV-004 | Сброс газа с компрессора на факел | ЗАКР |
| NV-010 | Отсекатель на линии подачи пара к турбине | ОТКР |
| NV-020 | Отсекатель на линии подачи воды в холодильник Х-1 | ОТКР |
| BV-130 | Отсекатели регулирующего клапана FV-130 | ОТКР |

3.4 Стандартные процедуры

К числу стандартных процедур в тренажерной модели «Центробежный компрессор» относятся «Холодный старт» и «Нормальный останов». Стратегия действий Оператора и подробная последовательность операций приведены ниже.

3.4.1 Холодный старт

Общие замечания

Цель упражнения «Холодный старт» – изучить последовательности действий, необходимых для безопасного и правильного пуска центробежного компрессора.

Предполагается, что необходимое оборудование до узла сжатия газа и далее по ходу процесса готово к пуску и все энергетические системы доступны.

Предполагается, что следующие системы, которые не моделируются в тренажере, находятся в состоянии готовности для пуска:

1. Оборудование для подачи рабочего газа
2. Емкость для приема сжатого газа
3. Заводские системы общего назначения:
 - Заводской и приборный воздух
 - Системы подачи пара и охлаждающей воды
 - Дренажная и факельная системы
 - Система инертного газа
 - Система вентиляции.

Оператор должен быть уверен, что все из перечисленных ниже предпусковых операций выполнены и узел компримирования готов к началу пуска.

Предпусковые операции:

1. Проверка пусковой схемы и удаление заглушек.
2. Проверка проходимости трубопроводов по всей технологической цепочке с обязательным контролем наличия давления.
3. Прием на установку воздуха КИП и технологического воздуха, пара, воды.
4. Проверка работоспособности оборудования, обкатка, подготовка к работе системы вентиляции.
5. Проверка и включение в работу приборов КИП (все регуляторы должны находиться в ручном режиме с закрытыми регулируемыми клапанами).
6. Уведомление о начале пуска персонала всех служб, связанных с работой узла компримирования.

Ниже описывается процедура пуска, т.е. последовательность действий Оператора при пуске технологического узла.

Процедура

Оператор должен выполнить следующие действия:

1. Открыть отсекатели: HV-001 на линии рабочего газа, HV-010 на линии пара к турбине, HV-020 на линии воды к холодильнику X-1.
2. Подать воду в холодильник X-1. Для этого открыть задвижку HC-002 на 50%.
3. Вручную открыть клапан FV-120 регулятора FIRC-120 на байпасе компрессора примерно на 35%.
4. Вручную открыть на 10-15% клапан PV-200 регулятора PIRC-200 на линии подачи рабочего газа, чтобы получить в емкости E-1 давление 2.0 кг/см^2 .
5. Перевести регулятор PIRC-200 в автоматический режим.
6. Подготовить к работе компрессор: открыть отсекатели HV-002 и HV-003 на приемном и выкидном трубопроводах.
7. Пустить компрессор: вручную открыть клапан PV-210 регулятора PIRC-210 на линии подачи пара к турбине компрессора на 25-30%. (При меньшей подаче пара возможно возникновение помпажа.)
8. Увеличивая подачу пара, довести давление на выкиде компрессора до 12 кг/см^2 и перевести регулятор PIRC-210 в автоматический режим.
9. Если появится сигнализация высокой скорости (датчик XIR-700), то уменьшить уставку для регулятора PIRC-210, чтобы поддерживать скорость компрессора не выше 12000 об./мин.
10. Открыть отсекатели BV-130 у регулирующего клапана на клапанной сборке регулятора FIRC-130. Постепенно открыть клапан FV-130 регулятора расхода сжатого газа FIRC-130 до значения $60000.0 \text{ нм}^3/\text{ч}$. Одновременно клапаном регулятора FIRC-120 уменьшать до нуля расход газа по байпасу компрессора.

11. При достижении регламентного значения расхода газа от компрессора ТК-1 перевести регулятор FIRC-130 в автоматический режим.
12. Контролировать температуру сжатого газа после холодильника Х-1 по показаниям датчика TIR-330. Она должна быть около 55-60 градусов. При необходимости корректировать подачу воды в Х-1.
13. Перевести регулятор расхода FIRC-120 в автоматический режим с уставкой 50000.0 $\text{нм}^3/\text{ч}$. Эта уставка определяет минимальное значение расхода газа через компрессор, при котором необходимо пускать часть газа по антипомпажной линии.

Узел компримирования выведен на нормальный режим работы.

3.4.2 Нормальный останов

Общие замечания

Цель упражнения «Нормальный останов» – изучить необходимую последовательности действий для правильного и безопасного отключения компрессора.

Полная остановка узла компримирования производится обычно для проведения планового ремонта основного оборудования или из-за производственной необходимости по указанию руководства. Все заинтересованные службы должны быть уведомлены о предстоящем отключении.

Процедура

Оператор должен выполнить следующие действия:

1. Перевести регулятор FIRC-130 в ручной режим и прекратить отвод газа, закрыв клапан регулятора.
2. Перевести регулятор давления во всасывающей емкости PIRC-200 в ручной режим и закрыть его клапан.
3. Слегка открыть клапан FV-130 регулятора FIRC-130, чтобы стравить часть газа.
4. При уменьшении давления в емкости Е-1 до 0.5-0.7 $\text{кг}/\text{см}^2$ закрыть клапан регулятора FIRC-130 и отсекатели BV-130 на клапанной сборке.
5. Перевести регулятор давления сжатого газа PIRC-210 в ручной режим и вручную постепенно уменьшать подачу пара к турбине, чтобы затормозить компрессор.
6. Продолжать закрывать клапан PV-210 до тех пор, пока компрессор не остановится.
7. Закрыть отсекатели HV-002 и HV-003 на приемном и выкидном трубопроводах компрессора.
8. Закрыть отсекатели HV-001, HV-010, HV-020 и задвижку HC-002.

9. Перевести регулятор FIRC-120 в ручной режим и полностью закрыть его клапан на байпасе компрессора.
10. Сбросить давление из емкости Е-1, открыв задвижку НС-003 на байпасе ППК.
11. Сбросить давление с компрессора на факел с помощью отсекающего HV-004.

Узел компримирования остановлен и готов для продувки азотом, промывки и очистки перед тем, как будет производиться его техобслуживание. Операции по подготовке аппаратов к ремонту в тренажере не моделируются и должны выполняться в соответствии с действующими на предприятии инструкциями.

4. СМЕСИТЕЛЬНЫЙ РЕЗЕРВУАР

4.1 Описание технологического узла

В тренажере моделируется емкость, в которой осуществляется смешение потоков чистой воды и уксусной кислоты в целях получения разведенного раствора требуемой концентрации. Вода и кислота непрерывно подаются насосами в смесительный резервуар, где происходит механическое перемешивание с помощью мешалки. Разведенный раствор непрерывно откачивается продуктовым насосом при поддержании заданного уровня в резервуаре.

Схема технологического узла представлена на рис. 4.

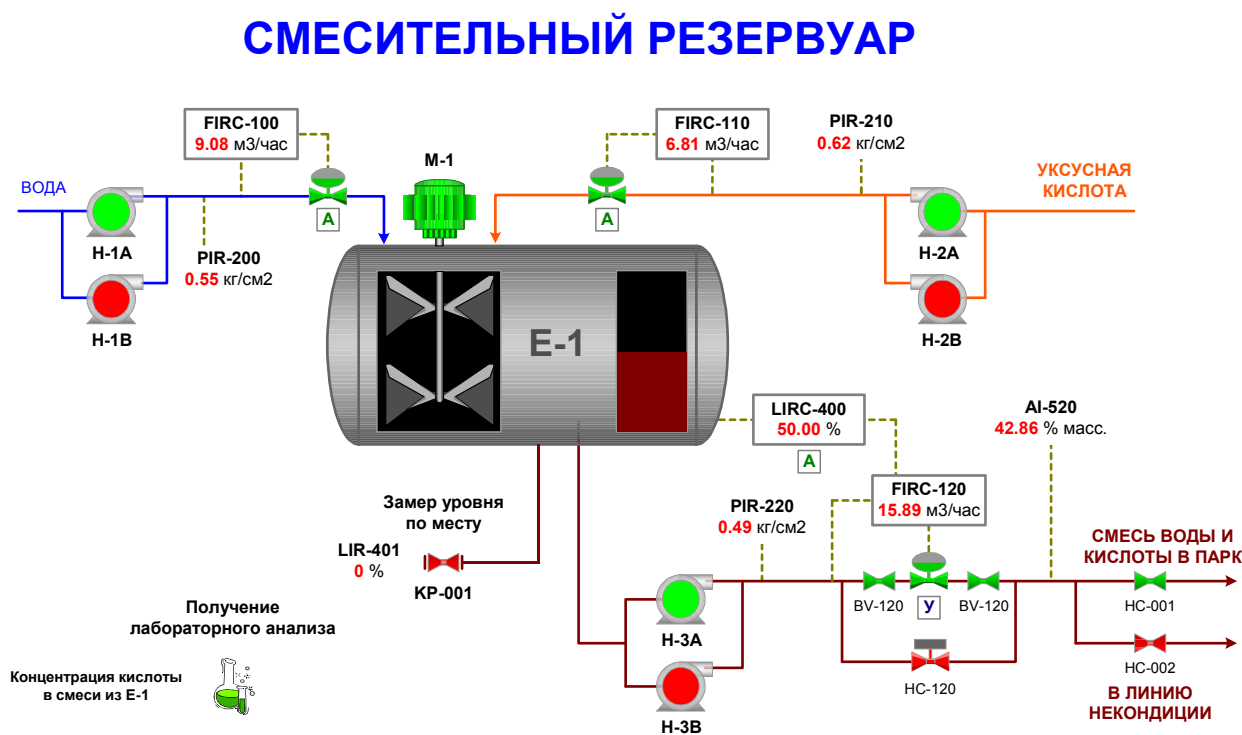


Рис. 4. Схема узла смешения

4.2 Принципы управления

Задача управления системой смешивания заключается в получении раствора требуемой концентрации и ведении технологического процесса согласно требованиям безопасности и эффективного использования оборудования.

Вода нагнетается насосом Н-1А (Н-1В) в смесительный резервуар Е-1. Уксусная кислота подается в этот же резервуар насосом Н-2А (Н-2В). Заданный расход каждого потока поддерживается регуляторами FIRC-100 и FIRC-110 с помощью клапанов FV-100 и FV-110 на линиях воды и кислоты соответственно.

Потоки воды и кислоты смешиваются в резервуаре Е-1 мешалкой М-1. Полученная смесь откачивается из резервуара насосом Н-3А (Н-3В). Количество раствора, который откачивается из резервуара Е-1, устанавливает регулятор FIRC-120, клапан которого расположен на линии отвода смеси. Уставку для регулятора расхода в каскаде выдает регулятор LIRC-400, поддерживающий уровень в смесительном резервуаре Е-1.

Состав раствора, выводимого из резервуара, контролируется анализатором AI-520, который определяет концентрацию кислоты в смеси. Предусмотрена возможность вывода смеси в линию некондиции, если состав смеси не соответствует спецификации. Датчики PIR-200, PIR-210 и PIR-220 контролируют давление в линиях с нагнетания насосов Н-1/А,В, Н-2/А,В и Н-3/А,В соответственно.

4.3 Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы

4.3.1 Измеряемые переменные (датчики)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|----------------------------|--|------------------------------|---|
| AI-520 | Концентрация смеси | % масс. | 42.86 |
| AI-521 | Концентрация смеси в Е-1 (лабораторный анализ) | % масс. | 42.86 |
| FIRC-100 | Расход воды в резервуар Е-1 | м ³ /час | 9.08 |
| FIRC-110 | Расход кислоты в Е-1 | м ³ /час | 6.81 |
| FIRC-120 | Расход смеси из Е-1 | м ³ /час | 15.89 |
| LIR-401 | Уровень смеси в резервуаре Е-1 (замер по месту) | % | 0.00 |
| LIRC-400 | Уровень смеси в Е-1 | % | 50.00 |
| PIR-200 | Давление на выкиде Н-1 | кг/см ² | 0.55 |
| PIR-210 | Давление на выкиде Н-2 | кг/см ² | 0.63 |
| PIR-220 | Давление на выкиде Н-3 | кг/см ² | 0.49 |

Примечание

«Датчик» AI-521 в тренажерной модели имитирует лабораторный анализ концентрации смеси. Он постоянно показывает истинное значение концентрации, в отличие от поточного анализатора AI-520, который может давать неверные показания.

В нормальном режиме работы технологического узла показания «датчика» AI-521 на экран Рабочей станции Оператора не выводятся. Чтобы их увидеть, Оператор должен сделать щелчок мышью по кнопке с изображением колбы.

4.3.2 Аналоговые управляющие параметры (регуляторы)

| № позиции (тэг) | Регулируемая переменная | Выход на клапан (%) | Режим управления | Тип регулиров. |
|--------------------|--|------------------------|---------------------|-------------------|
| FIRC-100 | Расход воды в резервуар E-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| FIRC-110 | Расход кислоты в E-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| FIRC-120 | Расход смеси из E-1 | 50.0 | Авто | Дист |
| HC-120 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора FIRC-120 | 0.0 | Ручн | — |
| LIRC-400 | Уровень смеси в E-1 | — | Авто | Лок |

4.3.3 Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи)

| Имя ключа (тэг) | Оборудование / Назначение | Положение ключа |
|--------------------|--|--------------------|
| BV-120 | Отсекатели у регулирующего клапана FV-120 | ОТКР |
| NV-001 | Отсекатель на линии вывода смеси в парк | ОТКР |
| NV-002 | Отсекатель на выводе смеси в линию некондиции | ЗАКР |
| KP-001 | Получение замера уровня в E-1 по месту (мерное стекло) | ЗАКР |
| M-1 | Электродвигатель мешалки | ВКЛ |
| H-1A | Основной насос воды | ВКЛ |
| H-1B | Резервный насос воды | ВЫКЛ |
| H-2A | Основной насос уксусной кислоты | ВКЛ |
| H-2B | Резервный насос уксусной кислоты | ВЫКЛ |
| H-3A | Основной насос откачки смеси из E-1 | ВКЛ |
| H-3B | Резервный насос откачки смеси из E-1 | ВЫКЛ |

4.4 Стандартные процедуры

К числу *стандартных процедур* в тренажерной модели «Смесительный резервуар» относятся «Холодный старт» и «Нормальный останов». Стратегия действий Оператора и подробная последовательность операций описаны ниже

4.4.1 Холодный старт

Цель упражнения «Холодный старт» – изучить последовательность действий, необходимых для безопасного и правильного пуска узла смешения.

Предполагается, что необходимое оборудование до и после смесительного резервуара (т.е. выше и ниже его по технологической цепочке) готово к пуску и все энергетические системы находятся в рабочем состоянии.

Предполагается также, что следующие системы, которые не моделируются в тренажере, находятся в состоянии готовности для пуска:

1. Емкости воды и уксусной кислоты
2. Емкость для приема смеси
3. Заводские системы общего назначения:
 - Заводской и приборный воздух
 - Система электроснабжения
 - Дренажная система
 - Система вентиляции.

Оператор должен быть уверен, что все из перечисленных ниже предпусковых операций выполнены и оборудование готово к началу пуска.

Предпусковые операции:

1. Промывка и очистка трубопроводов и оборудования, удаление заглушек.
2. Проверка проходимости трубопроводов по всей технологической цепочке с обязательным контролем наличия давления.
3. Прием на установку электроэнергии, воздуха КИП, технологического воздуха и азота.
4. Проверка работоспособности оборудования, подготовка к работе и обкатка насосов и системы вентиляции.
5. Проверка и введение в работу приборов КИП (все регуляторы должны находиться в ручном режиме с закрытыми регулируемыми клапанами).
6. Уведомление о начале пуска персонала всех служб, связанных с работой узла.

Ниже описывается *процедура пуска*, т.е. последовательность действий Оператора при пуске технологического узла.

Процедура

- 1) Включить питающий насос воды Н-1А.
- 2) Включить питающий насос уксусной кислоты Н-2А.
- 3) Слегка открыть вручную клапаны регуляторов расхода воды (FV-100) и кислоты (FV-110).
- 4) Медленно увеличивать потоки, пока расходы не достигнут нормальных значений: FIRC-100 – 9.08 м³/час и FIRC-110 – 6.81 м³/час.
- 5) Перевести регуляторы FIRC-100 и FIRC-110 в автоматический режим.
- 6) Контролировать уровень в резервуаре Е-1 по показаниям датчика LIRC-400. Когда уровень в Е-1 достигнет примерно 25%, включить мешалку М-1.

- 7) Включить отсасывающий насос смеси Н-3А. Открыть отсекающий клапан HV-001 на линии отвода смеси в парк.
- 8) Открыть отсекающие (BV-120) регулирующие клапаны на клапанной сборке регулятора расхода смеси FIRC-120.
- 9) Начать отвод смеси из резервуара Е-1 – открыть клапан регулятора FV-120 так, чтобы расход смеси был небольшим.
- 10) Проверить по показаниям анализатора AI-520 концентрации раствора и убедиться, что концентрация получаемого продукта близка к норме (42.8 %).
- 11) Когда уровень в резервуаре Е-1 достигнет приблизительно 50 %, перевести регулятор расхода смеси FIRC-120 в удаленный режим. Затем перевести регулятор LIRC-400 уровня в резервуаре Е-1 в автоматический режим и задать ему уставку 50 %.
- 12) Контролировать каждую измеряемую величину и регулировать процесс так, как это необходимо для приведения работы узла смешения в желаемое состояние.

Технологический узел выведен на нормальный режим работы.

4.4.2 Нормальный останов

Общие замечания

Цель упражнения «Нормальный останов» – изучить необходимую последовательность действий для правильного и безопасного отключения оборудования.

Полная остановка узла смешения производится обычно для проведения ремонта основного оборудования или в силу производственной необходимости.

Нормальный (плановый) останов состоит в выполнении заранее определенной последовательности операций, изложенной ниже. Далее в разделе «Процедура» подробно излагаются действия Оператора, выполняемые им во время нормального останова с конкретным оборудованием и приборами.

Последовательность операций при нормальном останове:

1. Остановить поток уксусной кислоты к узлу смешения.
2. Остановить поток воды.
3. Опустошить резервуар.
4. Подготовить систему для безопасной работы персонала при ремонте или для обслуживания оборудования.

Процедура

1. Уведомить операторов по технологической цепочке (до и после узла смешения) о начале останова смесительного резервуара.

2. Перевести регуляторы расхода FIRC-110 и FIRC-100 в ручной режим. Медленно и поровну уменьшать потоки уксусной кислоты и воды до нуля, прикрывая клапаны регуляторов FV-110 и FV-100 соответственно.
3. Когда потоки воды и уксусной кислоты уменьшатся до нуля, выключить насосы Н-1А и Н-2А.
4. Постепенно, шагами уменьшать уставку регулятора уровня LIRC-400 до 5%. Когда уровень в резервуаре будет 25%, выключить мешалку М-1.
5. Перевести регулятор расхода смеси FIRC-120 в ручной режим.
6. Наблюдать за показаниями датчика LIRC-400. Когда уровень в Е-1 понизится до 0%, это будет означать, что резервуар пуст. Выключить насос Н-3А.
7. Закрыть клапан регулятора расхода смеси FV-120 и отсекатели BV-120 на клапанной сборке.
8. Закрыть отсекатель HV-001.

На реальном производстве далее следует подготовить систему для безопасной работы персонала при ремонте или техническом обслуживании оборудования. Эти операции в тренажере не моделируются и должны выполняться в соответствии с действующими на предприятии инструкциями.

5. ТЕПЛООБМЕННИК

5.1 Описание технологического узла

Моделируется процесс нагрева одного потока (продукта) за счет охлаждения другого (теплоносителя) в противоточном теплообменнике. В тренажере в качестве нагреваемого продукта используется холодная вода, а в качестве теплоносителя – горячая вода.

Схема технологического узла представлена на рис. 5.

Кожухотрубный теплообменник состоит из пучка труб и оболочки, окружающей трубы. Жидкости проходят по этим двум частям теплообменника, обмениваясь теплом между собой через поверхности труб.

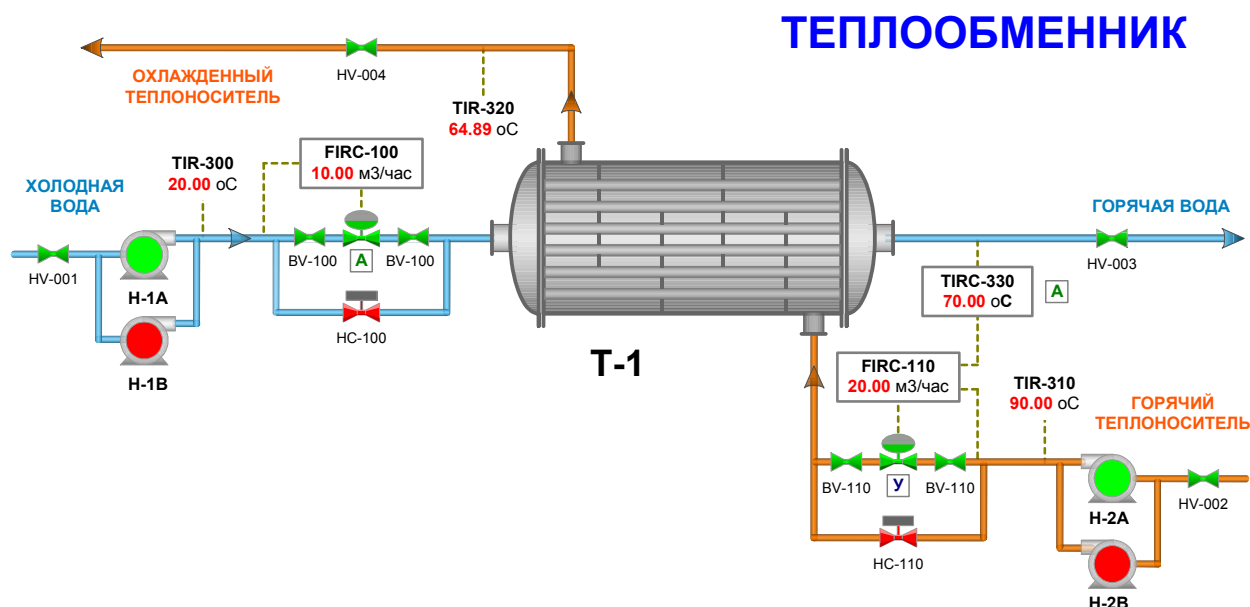


Рис. 5. Схема узла нагрева

Продукт подается насосом к трубам теплообменника Т-1, а теплоноситель – другим насосом в его корпус. Теплоноситель втекает в Т-1 и перемещается в нем в направлении, противоположном потоку продукта в трубном пучке. Противоположное направление потоков обеспечивает более высокую скорость теплообмена, что позволяет минимизировать размеры теплообменника.

Нагретый продукт вытекает из труб теплообменника в том его конце, где поступает теплоноситель, а охлажденный теплоноситель выходит с той стороны теплообменника, где в него втекает продукт.

5.2 Принципы управления

Задача управления теплообменником заключается в проведении процесса нагрева в соответствии с требованиями безопасности и эффективного использования оборудования.

Продукт подается насосом Н-1/А,В в трубный пучок теплообменника Т-1. Управление расходом продукта осуществляет регулятор FIRC-100 с помощью клапана FV-100 на линии к теплообменнику. Температуру продукта измеряет прибор TIR-300.

Теплоноситель подается в теплообменник Т-1 с помощью насоса Н-2/А,В. Его температура при поступлении в теплообменник измеряется прибором TIR-310.

Заданную температуру нагретого продукта на выходе из теплообменника Т-1 («температуру нагрева») поддерживает регулятор TIRC-330, который в каскаде управляет потоком теплоносителя в Т-1, корректируя уставку на расход для прибора FIRC-110. Регулятор FIRC-110 обеспечивает требуемый расход теплоносителя с помощью клапана FV-110, который расположен на трубопроводе подачи теплоносителя в теплообменник. Температуру выводимого из Т-1 охлажденного теплоносителя контролирует датчик TIR-320.

5.3 Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы

5.3.1 Измеряемые переменные (датчики)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|----------------------------|--|------------------------------|---|
| FIRC-100 | Расход продукта в Т-1 | м ³ /час | 10.00 |
| FIRC-110 | Расход теплоносителя в Т-1 | м ³ /час | 20.00 |
| TIR-300 | Температура продукта на входе в Т-1 | °С | 20.00 |
| TIR-310 | Температура теплоносителя на входе в Т-1 | °С | 90.00 |
| TIR-320 | Температура охлажденного теплоносителя на выходе из Т-1 | °С | 64.89 |
| TIRC-330 | Температура продукта из Т-1 | °С | 70.00 |

5.3.2 Аналоговые управляющие параметры (регуляторы)

| № позиции (тэг) | Регулируемая переменная | Выход на клапан (%) | Режим управления | Тип регулиров. |
|----------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| FIRC-100 | Расход продукта в Т-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| FIRC-110 | Расход теплоносителя в Т-1 | 50.0 | Авто | Дист |
| НС-100 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора FIRC-100 | 0.0 | Ручн | — |
| НС-110 | Задвижка на байпасе регул. клапана прибора FIRC-110 | 0.0 | Ручн | — |
| TIRC-330 | Температура нагретого продукта на выходе из Т-1 | — | Авто | Лок |

5.3.3 Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи)

| Имя ключа (тэг) | Оборудование / Назначение | Положение ключа |
|--------------------|---|--------------------|
| BV-100 | Отсекатели регулирующего клапана FV-100 | ОТКР |
| BV-110 | Отсекатели регулирующего клапана FV-110 | ОТКР |
| NV-001 | Отсекатель на линии подачи продукта в Т-1 | ОТКР |
| NV-002 | Отсекатель на линии подачи теплоносителя в Т-1 | ОТКР |
| NV-003 | Отсекатель на линии отвода продукта из Т-1 | ОТКР |
| NV-004 | Отсекатель на линии отвода теплоносителя из Т-1 | ОТКР |
| H-1A | Основной насос подачи продукта в Т-1 | ВКЛ |
| H-1B | Основной насос подачи продукта в Т-1 | ВЫКЛ |
| H-2A | Основной насос подачи теплоносителя в Т-1 | ВКЛ |
| H-2B | Резервный насос подачи теплоносителя в Т-1 | ВЫКЛ |

5.4 Стандартные процедуры

К числу *стандартных процедур* в тренажерной модели «Теплообменник» относятся «Холодный старт» и «Нормальный останов». Стратегия действий Оператора и подробная последовательность операций описаны ниже

5.4.1 Холодный старт

Общие замечания

Цель упражнения «Холодный старт» – изучение последовательности действий, необходимых для безопасного и правильного введения теплообменника в работу.

Предполагается, что необходимое оборудование до и после узла нагрева (т.е. выше и ниже его по технологической цепочке) готово к пуску и все энергетические системы находятся в рабочем состоянии.

Предполагается, также что следующие системы, которые не моделируются в тренажере, находятся в состоянии готовности для пуска:

1. Емкости продукта и теплоносителя
2. Аппараты, принимающие нагретый продукт и охлажденный теплоноситель
3. Заводские системы общего назначения (заводской и приборный воздух, дренажная система).

Оператор должен быть уверен, что все из перечисленных ниже предпусковых операций выполнены и оборудование готово к началу пуска.

Предпусковые операции:

1. Промывка и чистка линий и оборудования.
2. Прием на установку электроэнергии, воздуха КИП и технологического воздуха.

3. Проверка проходимости трубопроводов по всей технологической цепочке с обязательным контролем наличия давления.
4. Проверка работоспособности оборудования, подготовка к работе и обкатка насосов.
5. Проверка и введение в работу КИП (все регуляторы должны находиться в ручном режиме с закрытыми регулирующими клапанами).
6. Уведомление о начале пуска персонала всех служб, связанных с работой узла нагрева.

Ниже описывается *процедура пуска*, т.е. последовательность действий Оператора при введении в работу теплообменника..

Процедура

1. Открыть отсекатели HV-001 и HV-003, HV-002 и HV-004 на входных и выходных трубопроводах теплообменника Т-1 по продукту и теплоносителю.
2. Включить насос продукта Н-1А.

Примечание

При пуске теплообменника всегда сначала подается более холодная жидкость.

3. Открыть отсекатели BV-100 у регулирующего клапана на клапанной сборке прибора FIRC-100.
4. Слегка открыть вручную клапан FV-100 регулятора расхода продукта.
5. Медленно увеличивать поток, пока расход не достигнет нормальной величины (10.0 м³/час).
6. Перевести регулятор FIRC-100 в автоматический режим.
7. Включить насос Н-2А для подачи теплоносителя (горячей жидкости).
8. Открыть отсекатели BV-110 у регулирующего клапана на клапанной сборке прибора FIRC-110.
9. Вручную слегка открыть клапан FV-110 на трубопроводе подачи теплоносителя в теплообменник Т-1.
10. Медленно увеличивать поток теплоносителя, пока расход не достигнет нормальной величины (20.0 м³/час).
11. Перевести регулятор FIRC-110 в автоматический режим.
12. Когда температура нагретого продукта на выходе из теплообменника Т-1 установится, скорректировать, при необходимости, уставку на расход теплоносителя так, чтобы температура TIRC-330 была близка к норме (70.0°C).
13. Перевести регулятор FIRC-110 в удаленный режим.
14. Перевести регулятор температуры TIRC-330 в автоматический режим и задать ему уставку 70.0 °C.
15. Контролировать все измеряемые величины и корректировать уставки регуляторов для поддержания требуемого режима узла нагрева.

Узел нагрева выведен на нормальный режим работы.

5.4.2 Нормальный останов

Общие замечания

Цель упражнения «Нормальный останов» – изучить необходимую последовательность действий для правильного и безопасного отключения теплообменника.

Полная остановка узла нагрева производится обычно для проведения ремонта основного оборудования или в силу производственной необходимости.

Процедура

1. Остановить насос подачи теплоносителя (горячей жидкости) Н-2А.
2. Перевести регулятор расхода теплоносителя FIRC-110 в ручной режим. Когда поток теплоносителя упадет до нуля, закрыть клапан FV-110. При этом продолжать подачу продукта для охлаждения теплообменника.
3. Перевести регулятор расхода продукта FIRC-100 в ручной режим. Когда температура нагретого продукта (показание датчика TIRC-330) будет близка к температуре продукта на входе в Т-1 (показание TIR-300), остановить насос Н-1А и закрыть клапан FV-100.
4. Закрыть отсекатели НV-001, НV-002, НV-003, НV-004 на всех входных и выходных трубопроводах теплообменника.

Узел нагрева остановлен и готов для подготовки к техобслуживанию или ремонту оборудования. Операции по подготовке теплообменника к ремонту (дренирование корпуса, продувка трубного пучка и т.д.) в тренажере не моделируются. На реальной установке они должны выполняться в соответствии с действующими на предприятии инструкциями.

6. СЕПАРАТОР

6.1 Описание технологического узла

Моделируется типичный сепаратор для разделения парожидкостной смеси на газообразную и жидкую фазы.

Схема технологического узла представлена на рис. 6.

Холодная бутан-гексановая смесь подается в масляный теплообменник, где происходит ее предварительный нагрев перед поступлением в сепаратор. Сепаратор дает возможность разделить компоненты парожидкостной смеси за счет испарения при понижении давления в основном более легкого компонента смеси. Пары отводятся с верха сепаратора через клапан регулятора давления, а жидкая фаза – с низа через клапан регулятора уровня.

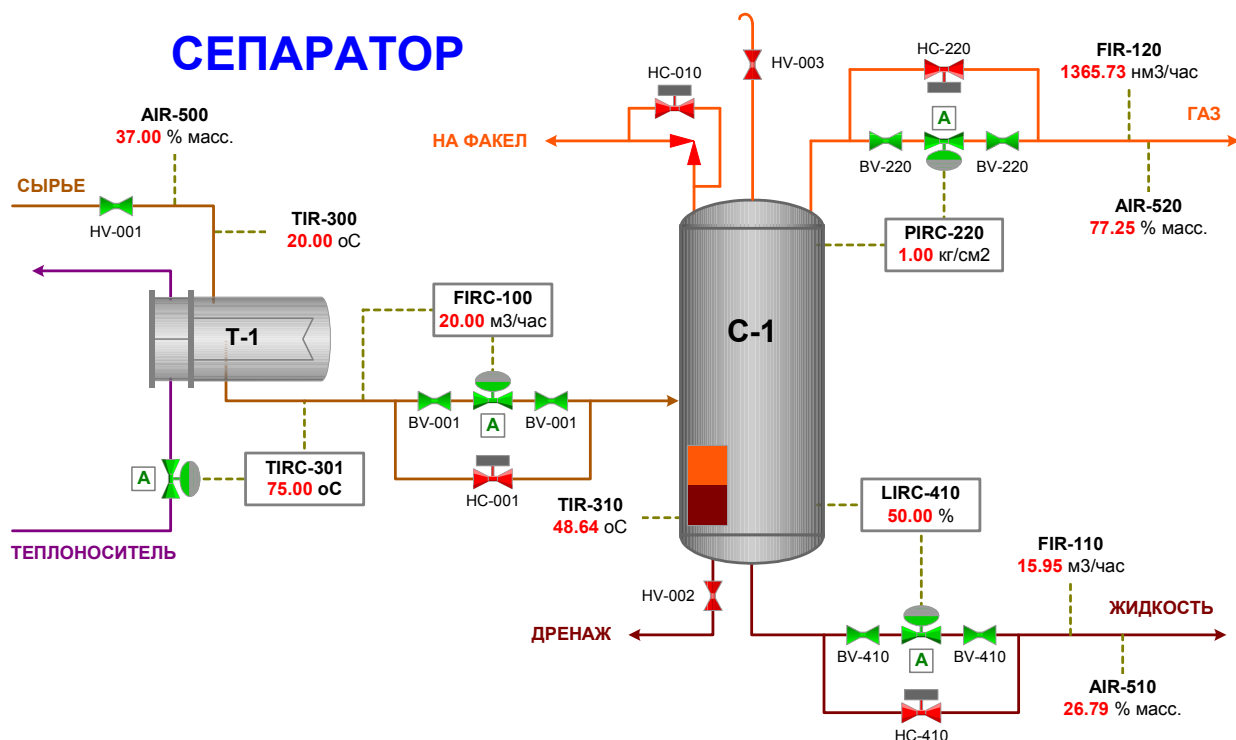


Рис. 6. Схема узла сепарирования

6.2 Принципы управления

Холодная бутан-гексановая смесь подается в теплообменник T-1, где она нагревается потоком теплоносителя (горячего масла или другого нефтепродукта). Расход смеси в теплообменник поддерживает регулятор FIRC-100, клапан которого расположен на трубопроводе подачи смеси из теплообменника в сепаратор C-1. Датчик TIR-300 контролирует температуру смеси на входе в T-1, анализатор AIR-500 – содержание бутана в исходной смеси.

Температуру смеси на выходе из T-1 регулирует прибор TIRC-301, который управляет расходом теплоносителя в теплообменник.

Подогретая смесь подается в сепаратор С-1, где она разделяется на пар (газы) и жидкость.

Газы выводятся через верхнюю часть сепаратора. Регулятор PIRC-220 поддерживает давление в С-1 с помощью клапана на трубопроводе отвода газов. Датчик FIR-120 измеряет расход газов, анализатор AIR-520 контролирует содержание бутана в газовой фазе.

Жидкая фаза отводится самотеком через дно сепаратора по трубопроводу, на котором расположен клапан регулятора LIRC-410, поддерживающего заданный уровень жидкого продукта в сепараторе. Датчик TIR-310 контролирует температуру в сепараторе, датчик FIR-110 – расход жидкости из сепаратора, анализатор AIR-510 – содержание бутана в жидкой фазе.

При выходе основных переменных процесса за границы рабочего диапазона срабатывает предупредительная или аварийная сигнализация.

Для аварийного сброса давления на сепараторе С-1 установлен предохранительный клапан с регулируемой задвижкой НС-010 на байпасе. Предохранительный клапан открывается при давлении 3 кг/см².

6.3 Измеряемые и управляющие переменные технологического узла и их значения в нормальном режиме работы

6.3.1 Измеряемые переменные (датчики)

| № позиции (тэг) | Измеряемая переменная | Единица измерения | Значение в нормальном режиме |
|----------------------------|--|------------------------------|---|
| AIR-500 | Содержание бутана в сырье | % масс. | 37.00 |
| AIR-510 | Содержание бутана в нижнем продукте сепаратора С-1 | % масс. | 26.79 |
| AIR-520 | Содержание бутана в верхнем продукте сепаратора С-1 | % масс. | 77.25 |
| FIR-110 | Расход нижнего продукта из сепаратора С-1 | м ³ /час | 15.95 |
| FIR-120 | Расход верхнего продукта из сепаратора С-1 | нм ³ /час | 1365.73 |
| FIRC-100 | Расход бутан-гексановой смеси в сепаратор С-1 | м ³ /час | 20.00 |
| LIRC-410 | Уровень жидкой фазы в С-1 | % | 50.00 |
| PIRC-220 | Давление в сепараторе С-1 | кг/см ² | 1.00 |
| TIR-300 | Температура холодного сырья в теплообменник Т-1 | °С | 20.00 |
| TIR-310 | Температура в сепараторе С-1 | °С | 48.64 |
| TIRC-301 | Температура нагретого сырья после теплообменника Т-1 | °С | 75.50 |

6.3.2 Аналоговые управляющие параметры (регуляторы)

| № позиции (тэг) | Регулируемая переменная | Выход на клапан (%) | Режим управл. | Тип регулиров. |
|----------------------------|--|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| FIRC-100 | Расход бутан-гексановой смеси в сепаратор С-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| НС-010 | Ручная задвижка на байпасе предохранит. клапана на С-1 | 0.0 | Ручн | — |
| НС-100 | Ручная задвижка на байпасе клапана регулятора FIRC-100 | 0.0 | Ручн | — |
| НС-220 | Ручная задвижка на байпасе клапана регулятора PIRC-220 | 0.0 | Ручн | — |
| НС-410 | Ручная задвижка на байпасе клапана регулятора LIRC-410 | 0.0 | Ручн | — |
| LIRC-410 | Уровень жидкой фазы в С-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| PIRC-220 | Давление в сепараторе С-1 | 50.0 | Авто | Лок |
| TIRC-301 | Температура нагретого сырья после теплообменника Т-1 | 50.0 | Авто | Лок |

6.3.3 Дискретные управляющие параметры (Операторские ключи)

| Имя ключа (тэг) | Оборудование / Назначение | Положение ключа |
|----------------------------|---|----------------------------|
| BV-100 | Отсекатели клапана регулятора расхода FV-100 | ОТКР |
| BV-220 | Отсекатели клапана регулятора давления PV-220 | ОТКР |
| BV-410 | Отсекатели клапана регулятора уровня LV-410 | ОТКР |
| HV-001 | Отсекатель на линии подачи сырья на установку | ОТКР |
| HV-002 | Отсекатель на линии дренажа из сепаратора С-1 | ЗАКР |
| HV-003 | Воздушник сепаратора С-1 | ЗАКР |

6.4 Стандартные процедуры

К числу *стандартных процедур* в тренажерной модели «Сепаратор» относятся «Холодный старт» и «Нормальный останов». Стратегия действий Оператора и подробная последовательность операций приведены ниже.

6.4.1 Холодный старт

Общие замечания

Цель упражнения «Холодный старт» – научиться последовательности действий, необходимых для безопасного и правильного пуска узла сепарирования.

Предполагается, что необходимое оборудование до и после узла сепарирования (т.е. выше и ниже его по технологической цепочке) готово к пуску и все энергетические системы находятся в рабочем состоянии.

Предполагается, также что следующие системы, которые не моделируются в тренажере, находятся в состоянии готовности для пуска:

1. Оборудование для подачи холодной смеси
2. Оборудование для подготовки и подачи теплоносителя в теплообменник Т-1
3. Емкости приема газа и жидкости из сепаратора
4. Заводские системы общего назначения:
 - Заводской и приборный воздух
 - Дренажная и факельная системы
 - Система инертного газа
 - Система вентиляции.

Оператор должен быть уверен, что все из перечисленных ниже предпусковых операций выполнены и оборудование готово к началу пуска.

Предпусковые операции:

1. Проверка пусковой схемы и удаление заглушек.
2. Проверка проходимости трубопроводов по всей технологической цепочке с обязательным контролем наличия давления.
3. Прием на установку воздуха КИП и технологического воздуха, горячего масла.
4. Подготовка к работе системы вентиляции.
5. Проверка и включение в работу приборов КИП (все регуляторы должны находиться в ручном режиме с закрытыми регулирующими клапанами).
6. Уведомление о начале пуска персонала всех служб, связанных с работой сепаратора.

Ниже описывается *процедура пуска*, т.е. последовательность действий Оператора при введении в работу узла сепарирования..

Процедура

1. Открыть отсекабель HV-001 на линии холодной бутан-гексановой смеси к теплообменнику Т-1.
2. Открыть отсекатели BV-100, BV-220, BV-410 на клапанных сборках у клапанов регуляторов FIRC-100, PIRC-220, LIRC-410 соответственно. Убедиться, что задвижки на байпасах регулирующих клапанов закрыты.
3. Задать для регулятора давления в сепараторе PIRC-220 уставку 0.8 кг/см^2 и перевести регулятор в автоматический режим.
4. Задать для регулятора расхода смеси FIRC-100 уставку $10.0 \text{ м}^3/\text{час}$ и перевести регулятор в автоматический режим.

5. Когда в сепараторе появится жидкость, перевести регулятор уровня LIRC-410 в автоматический режим с уставкой 50%.
6. Вручную открыть клапан регулятора TIRC-301 на линии подачи теплоносителя в Т-1 так, чтобы получить температуру смеси на входе в сепаратор 75.5°C.
7. Перевести регулятор TIRC-301 в автоматический режим.
8. Поднять давление в сепараторе С-1, увеличив уставку регулятора давления PIRC-220 до нормы (1.0 кг/см²).
9. Постепенно увеличивать расход смеси в сепаратор, изменяя уставку регулятора FIRC-100. Довести уставку на расход до нормы 20.0 м³/час.
10. Контролировать все измеряемые величины. Когда процесс установится, проверить показания анализаторов AIR-510 и AIR-520. Убедиться, что сепаратор работает должным образом (т.е. продукты соответствуют спецификациям).

6.4.2 Нормальный останов

Общие замечания

Цель упражнения «Нормальный останов» – изучить необходимую последовательность действий для правильного и безопасного отключения сепаратора.

Полная остановка узла сепарирования производится обычно для проведения ремонта основного оборудования или в силу производственной необходимости.

Перед началом останова необходимо сообщить операторам установок, связанных с работой сепаратора, о том, что сепаратор будет остановлен.

Процедура

1. Перевести регулятор расхода сырья FIRC-100 в ручной режим и постепенно уменьшать подачу сырья до нуля, прикрывая клапан.
2. Перевести регулятор температуры TIRC-301 в ручной режим и закрыть клапан.
3. Перевести регулятор уровня LIRC-410 в ручной режим и открыть клапан на 10-20%, чтобы вывести жидкую фазу за счет избыточного давления в С-1.
4. Когда уровень жидкости в С-1 понизится до 5-10%, закрыть клапан регулятора уровня LIRC-410. Дренировать остаток жидкости, открыв отсекающий клапан HV-002 на линии дренажа. Когда сепаратор опустеет, закрыть отсекающий клапан HV-002.
5. Перевести регулятор PIRC-220 в ручной режим. Сбросить давление из С-1, открыв клапан регулятора. Когда давление понизится, закрыть клапан.
6. Закрыть отсекающий клапан HV-001 на линии сырья. BV-100, BV-220 и BV-410 у регулирующих клапанов.
7. Закрыть отсекающие задвижки BV-100, BV-220 и BV-410 у регулирующих клапанов на клапанных сборках.

8. По мере остывания паров в сепараторе С-1 возможна их частичная конденсация. Это будет проявляться в появлении жидкости в сепараторе (датчик LIRC-410). При этом в сепараторе возникнет разрежение.
9. Для выдавливания конденсата из сепаратора следует открыть воздушник HV-003 на С-1 (чтобы выровнять давление) и периодически дренировать жидкость, открывая и закрывая отсекающий клапан HV-002 на линии дренажа.

Узел сепарирования остановлен и готов для подготовки к техобслуживанию или ремонту оборудования. Операции по подготовке сепаратора к ремонту в тренажере не моделируются. На реальной установке они должны выполняться в соответствии с действующими на предприятии инструкциями.