

DOI: 10.15593/2224-9400/2021.2.17

УДК 65.011.56

А.А. Югова, И.А. Вялых

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБОРА И ВОЗВРАТА КОНДЕНСАТА

На нефтеперерабатывающих и других промышленных предприятиях широко используется пар в качестве теплоносителя в теплообменных аппаратах, источника энергии в исполнительных механизмах и устройствах. При использовании пар отдает свою энергию, при этом образуется конденсат, происходит снижение его давления. При правильной настройке паровых линий конденсат при остаточном давлении самотеком транспортируется обратно в котельные. Однако при модернизации, расширении котельного хозяйства и числа потребителей пара увеличивается длина коллекторов, трубопроводов, как следствие, растет гидравлическое сопротивление в магистралях. Поэтому в некоторых случаях возникает необходимость принудительной транспортировки (откачки) конденсата с технологических объектов (потребителей пара) в котельную.

В данной статье рассматривается конденсатная станция 81-29 сбора и транспортировки конденсата ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», предназначенная для приема конденсата от теплообменного оборудования с технологических установок и дальнейшего его перекачивания с помощью насосов обратно к производителям пара (котельную, ТЭЦ и т.п.), отделяя пар вторичного вскипания от жидкости. Поскольку на предприятии важно учитывать потребление тепловой и электроэнергии, появляется необходимость расчета материального баланса при транспортировке конденсата системой после потребления пара. В работе предложен алгоритм циклического управления конденсатными насосами станции 81-29, выполнена его реализация для контроллера в среде RSLinx на языке LD (релейной логики) для контроллера CompactLogix 1769 фирмы Allen Bradley. Разработан алгоритм расчета часового, суточного, месячного материального баланса. Для визуализации процесса управления и состояния оборудования конденсационной станции разработаны мнемосхемы в среде RSLogix.

Ключевые слова: автоматизация, перекачка конденсата, Allen Bradley.

A.A. Yugova, I.A. Vyalykh

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

AUTOMATION OF THE CONDENSATE COLLECTION AND RETURN PROCESS

In oil refineries and other industrial enterprises, steam is widely used as a heat carrier in heat exchangers, as an energy source in actuators and devices. When used, the steam gives off its energy, while condensate is formed, its pressure decreases. If the steam lines are properly set up, the condensate is transported back to the boiler rooms by gravity at the residual pressure. However, with the modernization, expansion of the boiler facilities and the number of steam consumers, the length of collectors and pipelines increases, as a result, the hydraulic resistance in the main lines increases. Therefore, in some cases, there is a need for forced transportation (pumping) of condensate from technological facilities (steam consumers) to the boiler room.

This article discusses the condensate station 81-29 for collecting and transporting condensate of LUKOIL-Permnefteorgsintez LLC, designed to receive condensate from heat exchange equipment from technological installations and further pump it back to the steam producers (boiler house, CHPP, etc.), separating the secondary boiling steam from the liquid. Since it is important to take into account the consumption of heat and electricity in the enterprise, it becomes necessary to calculate the material balance when transporting condensate by the system after steam consumption. In this paper, an algorithm for cyclic control of condensate pumps of station 81-29 is proposed, and its implementation is performed for the controller in the RSLinx environment in the LD (relay logic) language.)for the Allen Bradley CompactLogix 1769 controller. An algorithm for calculating the hourly, daily, and monthly material balance is developed. To visualize the control process and the condition of the equipment of the condensing station, mnemonic circuits have been developed in the RSLogix environment.

Keywords: automation, condensate pumping, Allen Bradley.

Основным теплоносителем на технологических установках ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» является водяной пар [1]. Пар на установках используется в технологическом процессе (подается в теплообменники, отпарные колонны, в эжектора вакуум-создающей системы, на распыл топлива в печах), для обогрева технологических трубопроводов, импульсных линий и шкафов КИП, отопления полов насосных, анализаторной, в калориферных установках систем приточной вентиляции, периодически для пропарки оборудования перед ремонтами, а также в системах паротушения [6, 13].

Каждый из потребителей пара (или группы потребителей, подключенных по последовательной схеме) оборудован БАОК® – блоком автоматического отвода конденсата, который применяется в парокон-

денсатных системах промышленных предприятий для эффективного отвода конденсата из паропроводов и от различных потребителей пара в автоматическом режиме.

Конденсат – ценный теплоноситель, который содержит в себе от 15 до 25 % первоначальной энергии пара, поэтому сбор и возврат конденсата, а также полноценная утилизация его тепла – одно из первоочередных мероприятий для современного промышленного предприятия [6].

Паровой конденсат с технологических установок ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» выводится на районные конденсатные станции предприятия. (Всего таких станций 7 шт.) С районных конденсатных станций конденсат перекачивается на центральную конденсатную станцию и оттуда на ТЭЦ-200, где направляется в котлы на выработку пара.

На районную конденсатную станцию паровой конденсат поступает «самотеком» под остаточным давлением, которое не позволяет направить его «напрямую» на центральную конденсатную станцию (давления конденсата не хватает для преодоления гидравлического сопротивления конденсаторовода от установок до центральной конденсатной станции). Для организации процесса возврата парового конденсата на центральную конденсатную станцию и были установлены районные конденсатные станции.

Пароконденсатная смесь от потребителей поступает на конденсатную станцию по следующим конденсатным линиям. Схема конденсатороводов изображена на рис. 1.

С установок т.22-4, т.22-11, т.1535, т.43-01, ГФУ, КК-1, ТК-2, т.15-01, т.15-02, а также буллитного парка ГФУ и резервуарного парка КК-1 пароконденсат поступает в коллектор, затем распределяется по районным конденсатным станциям.

В качестве станций сбора и возврата конденсата применяют блочно-модульные станции Gestra (АЛВАС Инжинеринг) [15] перекачки конденсата водяного пара на базе насосов объемного вытеснения без подвижных механических частей, которые используются для приема конденсата водяного пара от объектов пароснабжения, отделения пара вторичного вскипания и его конденсации в охладителе выпара, а также перекачки конденсата посредством насосов объемного вытеснения в систему напорных конденсатороводов [14].

Рассмотрим работу одной из районных конденсатных станций – КС 81-29. Функциональная схема конденсатной станции представлена на рис. 2.

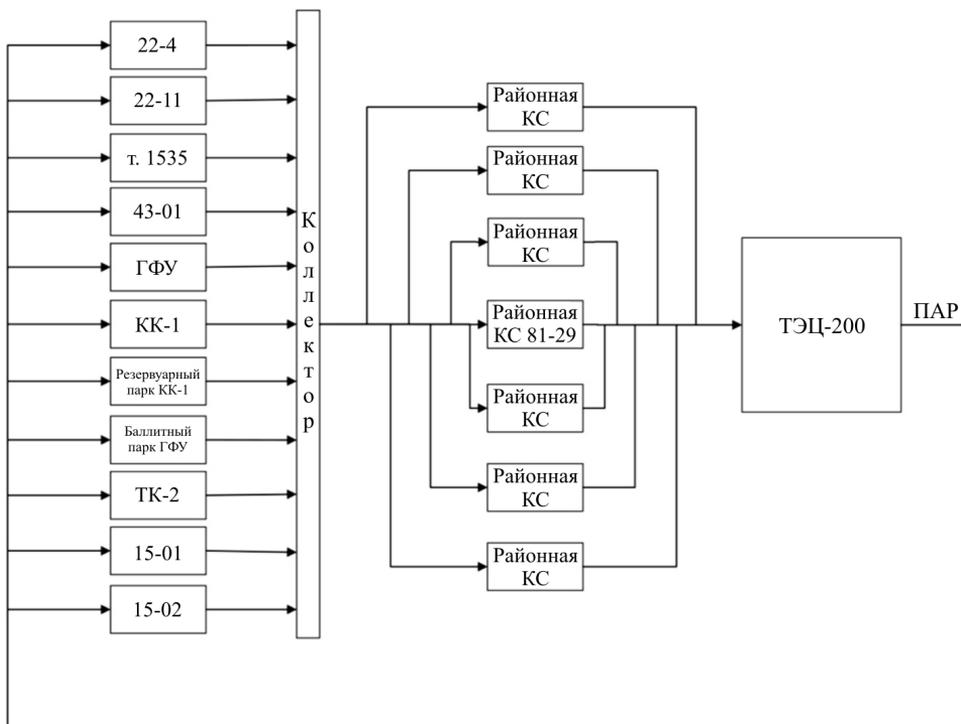


Рис. 1. Схема конденсаторов участка сбора конденсата

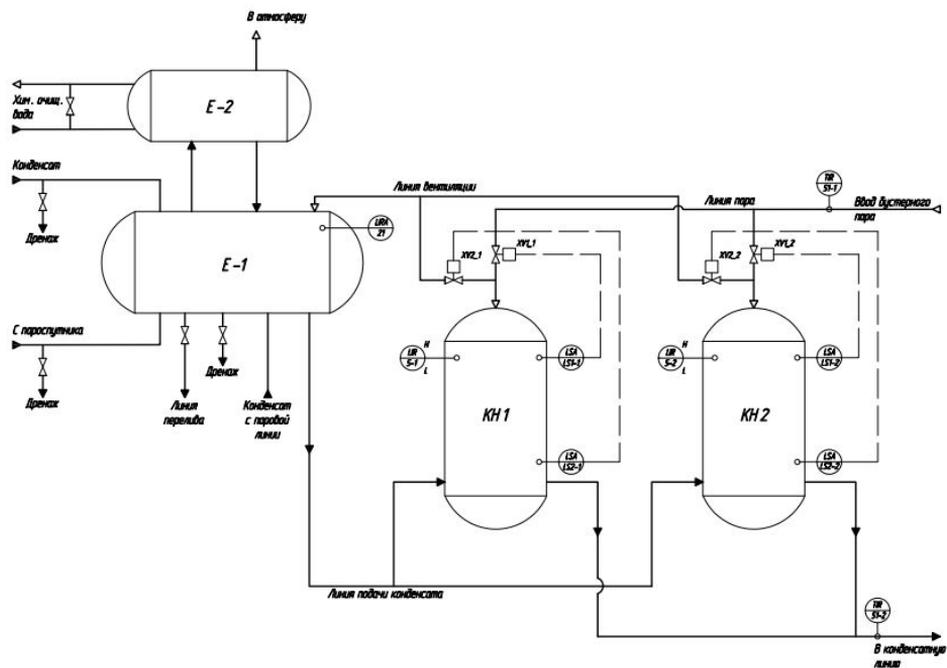


Рис. 2. Функциональная схема конденсатной станции

Пароконденсатная смесь поступает от потребителей пара в емкость сбора конденсата, где происходит отделение пара вторичного вскипания и парового конденсата. Далее конденсат (с $T \leq 100$ °С) стекает «самотеком» вниз и заполняет конденсатные насосы КН1/2, предназначенные для откачки конденсата в линию производства пара. Насосы работают по очереди, циклически. В каждом цикле происходит заполнение емкостей КН-1 (КН-2) конденсатом и дальнейшим выдавливанием его паром [5]. При этом возникает необходимость учета количества откачанного конденсата [2].

Для решения поставленной задачи необходимо реализовать в системе управления расчет количества перекачиваемого конденсата.

Расчет производительности станции за определенный период времени производится следующим образом [12]:

$$Q_T = k \cdot n_T,$$

где Q_T – суммарная производительность станции за период времени T , м³/ч; k – объем откачанного конденсата насосом КН за 1 цикл, м³; $k = 0,3 \pm 7\%$ м³; n_T – суммарное количество срабатываний отсечных клапанов XV8-1, XV8-2 за период времени T .

Разработанный алгоритм расчета материального баланса приведена на рис. 3. Расчет материального баланса реализован в системе управления на базе контроллера CompactLogix 1769 в среде RSLinx [11]. Фрагмент реализации алгоритма на языке LD [8] приведен на рис. 4.

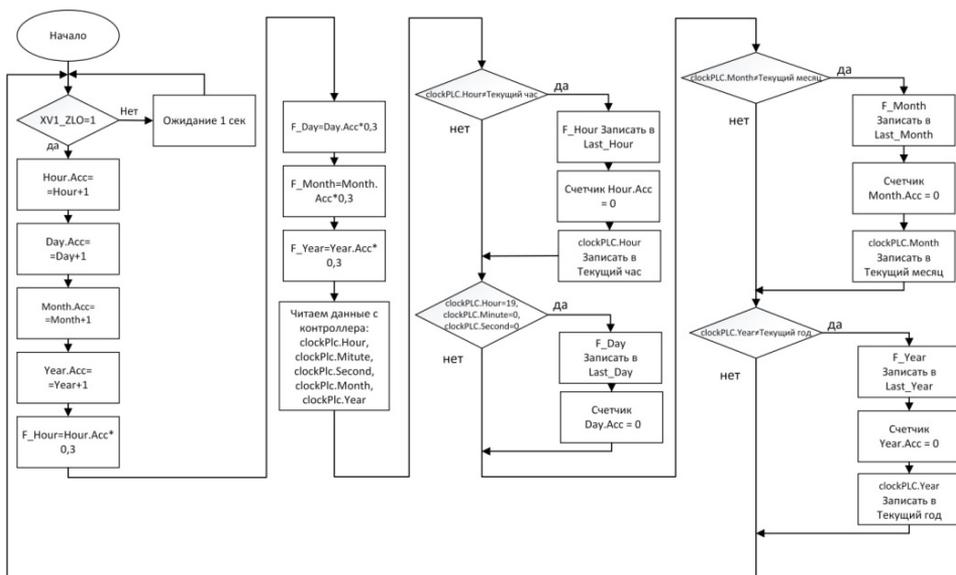


Рис. 3. Блок-схема расчета материального баланса

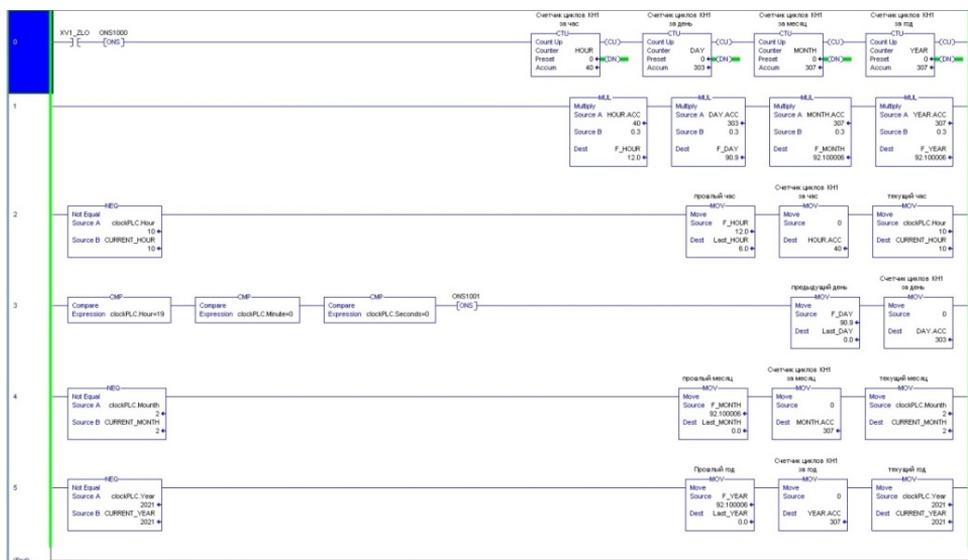


Рис. 4. Расчет материального баланса на языке LD

Описание используемых блоков:

CTU – выполняет прямой счет; счетчик циклов КН1 за период времени T (час, сутки, месяц, год) – считает количество открытий клапана XV1 за период времени T .

MUL – умножает Source A (источник A) на Source B (источник B) и помещает результат в Destination (приемник), где A – это значение, равное количеству открытий клапана XV1 за период времени T ; B – это объем конденсата, откачивающийся из КН1 за один цикл CTU ($B = 0,3 \text{ м}^3$ из регламента).

NEQ – проверяет, не равно ли значение Source A значению Source B.

MOV – перемещение; копирует Source (источник) в Destination (приемник). Source сохраняется без изменений.

CMP – выполняет сравнение для заданных в выражении арифметических операций.

ONS – разовый импульс; сохраняет входное условие цепочки с последнего выполнения инструкции (в данном случае сигнал об открытии клапана подачи пара XV1).

Продолжительность полного цикла работы одного насоса (заполнение и откачка) находится в диапазоне от 20 до 50 секунд и зависит от расхода конденсата потребителями и давления в линии подачи бустерного пара.

Для циклического управления конденсатными насосами [3] разработан алгоритм управления автоматическими клапанами XV1 и XV2 [4], его блок-схема представлена на рис. 5.

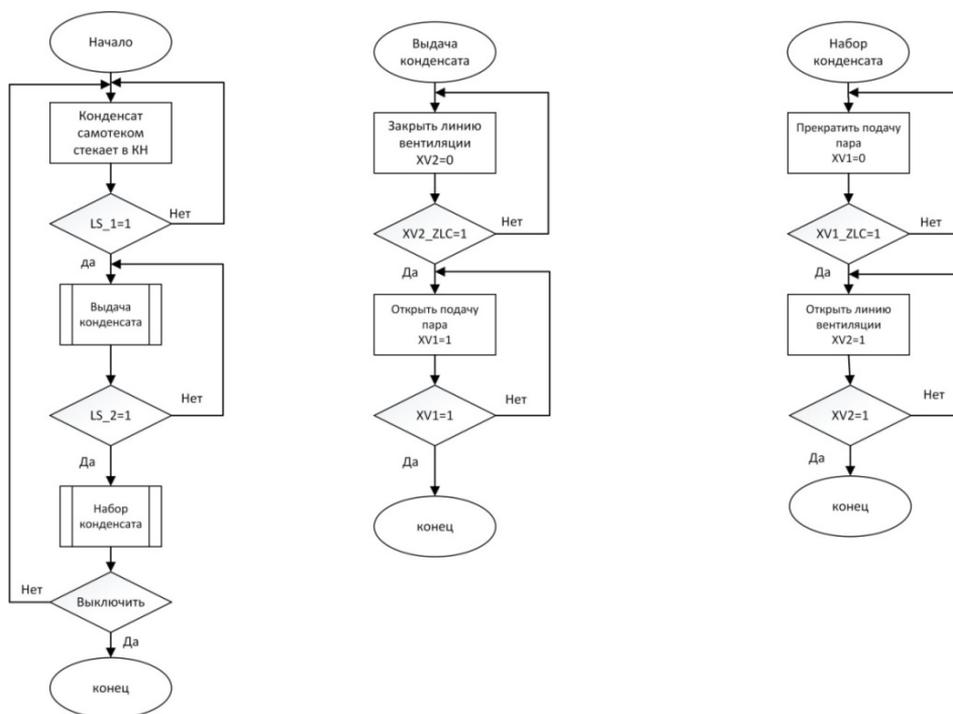


Рис. 5. Блок-схема управления клапанами XV1 и XV2

Реализация управления клапанами XV1 и XV2 в среде RSLinx на языке LD [7, 9] представлена на рис. 6.

Цепь 0: «ЕСЛИ» сработал сигнализатор верхнего уровня LS1 «И» сработал концевой указатель положения XV2_ZLC, соответствующий закрытию клапана линии вентиляции XV2, «ТО» открывается клапан подачи пара XV1.

Цепь 1: «ЕСЛИ» сработал сигнализатор нижнего уровня LS2, «ТО» клапан подачи пара XV1 закрывается.

Цепь 2: «ЕСЛИ» сработал сигнализатор нижнего уровня LS2 «И» сработал концевой указатель положения XV1_ZLC, соответствующий закрытию клапана подачи пара XV1, «ТО» открывается клапан линии вентиляции XV2.

Цепь 3: «ЕСЛИ» сработал сигнализатор верхнего уровня LS1, «ТО» клапан линии вентиляции XV2 закрывается.

Есть возможность удаленного управления клапанами оператором в ручном режиме с мнемосхемы, как реализовано на рис. 7.

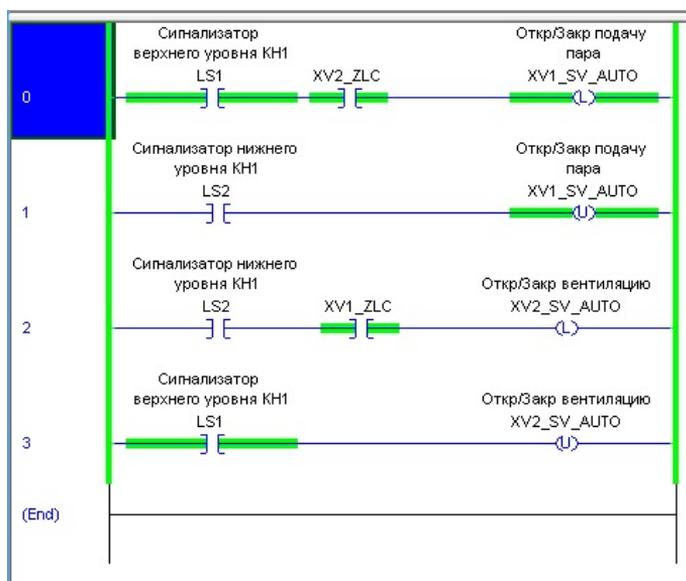


Рис. 6. Логика управления клапанами XV1 и XV2 в автоматическом режиме на языке LD

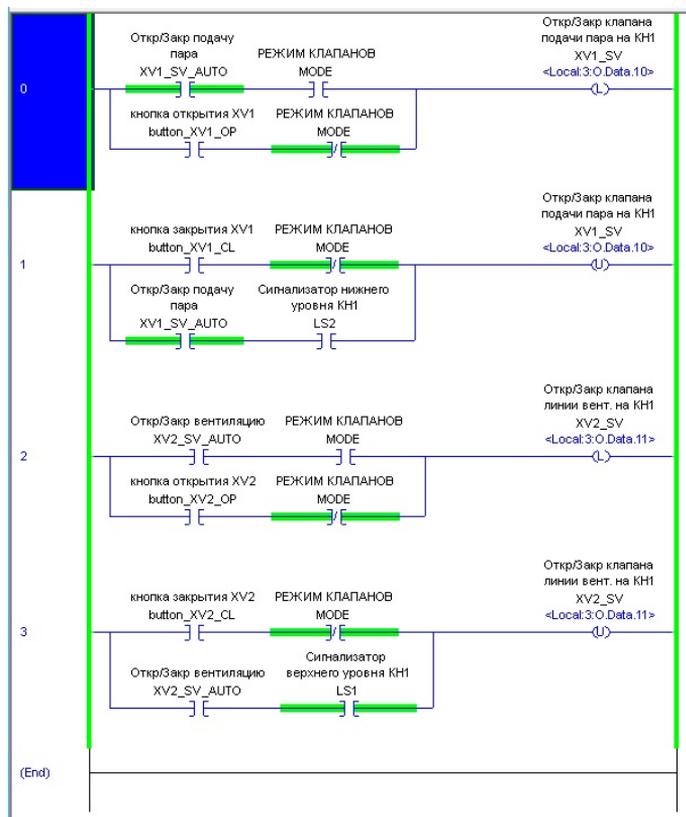


Рис. 7. Логика управления клапанами XV1 и XV2 на языке LD

Цепь 0: «ЕСЛИ» поступил сигнал на открытие клапана подачи пара XV1 «И» выбран автоматический режим работы «ИЛИ» нажата кнопка «Открыть клапан подачи пара» на панели управления «И» выбран ручной режим работы, «ТО» клапан XV1 открывается.

Цепь 1: «ЕСЛИ» поступил сигнал на закрытие клапана подачи пара XV1 «И» сработал сигнализатор нижнего уровня LS2 «ИЛИ» нажата кнопка «Закрыть клапан подачи пара» на панели управления «И» выбран ручной режим работы, «ТО» клапан XV1 закрывается.

Цепь 2: «ЕСЛИ» поступил сигнал на открытие клапана линии вентиляции XV2 «И» выбран автоматический режим работы «ИЛИ» нажата кнопка «Открыть клапан линии вентиляции» на панели управления «И» выбран ручной режим работы, «ТО» клапан XV2 открывается.

Цепь 3: «ЕСЛИ» поступил сигнал на закрытие клапана линии вентиляции XV2 «И» сработал сигнализатор верхнего уровня LS1 «ИЛИ» нажата кнопка «Закрыть клапан линии вентиляции» на панели управления «И» выбран ручной режим работы, «ТО» клапан XV2 закрывается.

Для контроля состояния конденсатных насосов разработан фрагмент мнемосхемы (рис. 8) в среде RSLogix [10]. На мнемосхеме представлены: ресивер (емкость сбора конденсата), конденсатный насос КН1, клапан подачи бустерного пара XV1, клапан линии вентиляции XV2, панель управления клапанами XV1, XV2, сигнализаторы уровня LS1, LS2.

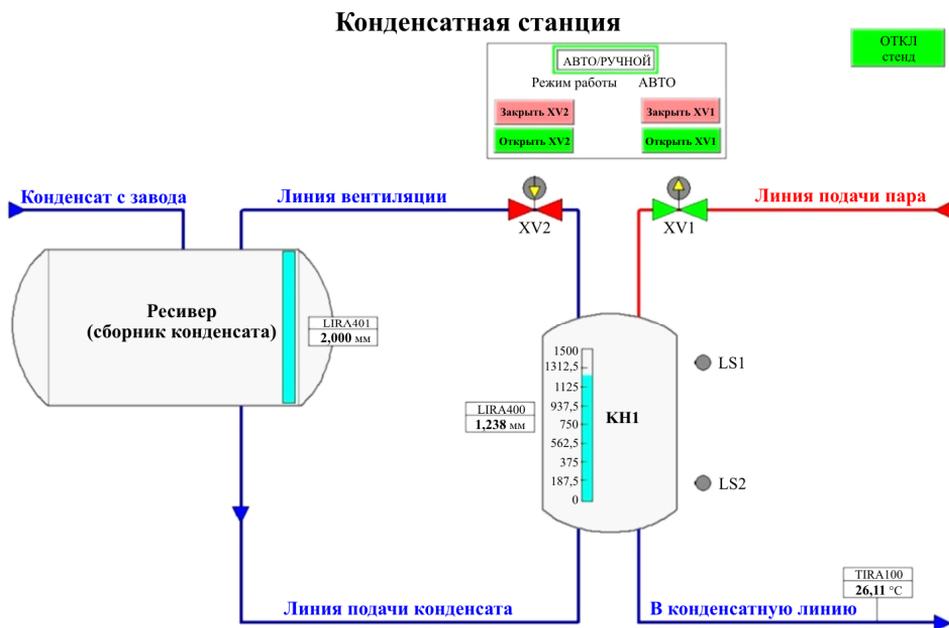


Рис. 8. Мнемосхема конденсатной установки

Для визуализации материального баланса на примере одного конденсатного насоса КН разработан фрагмент мнемосхемы, на которой реализовано отображение производительности станции за следующие временные интервалы: час, сутки, месяц, год.

Фрагмент мнемосхемы с расчетом перекачанного конденсата приведен на рис. 9.

Расход конденсатной станции, м³/ч

ЧАС		СУТКИ		МЕСЯЦ		ГОД	
Текущий	Предыдущий	Текущие	Предыдущие	Текущий	Предыдущий	Текущий	Предыдущий
0,3	12,0	91,2	0,0	92,4	0,0	92,4	0,0

Рис. 9. Отображение производительности конденсатной станции

В результате работы модернизирована мнемосхема конденсатной установки, реализован и проверен алгоритм расчета производительности установки с учетом материального баланса за час, сутки, месяц и год. Реализовано программно-логическое управление клапанами конденсатных насосов в циклическом режиме.

Список литературы

1. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка. Процессы и аппараты: учеб. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
2. Чарная Е.Б. Принципы и условия организации автоматизированного производства на химическом предприятии: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 113 с.
3. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП: метод. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 566 с.
4. Цирлин А.М. Оптимальное управление технологическими процессами: учеб. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 399 с.
5. Автоматическое управление в химической промышленности: учеб. / Е.Г. Дудников, А.В. Казаков, Ю.Н. Софиева, А.М. Цирлин, А.Э. Софиев. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
6. Энерготехнологические процессы и аппараты химических производств: сб. науч. тр. / Ин-т теплофизики СО АН СССР. – Новосибирск, 1989. – 135 с.
7. Медведев М.Ю. Программирование промышленных контроллеров: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2011. – 287 с.
8. ГОСТ Р 51841–2001 (МЭК 61131-2–92). Программируемые контроллеры. Общие технические требования и методы испытаний // Электронный фонд прав. и нормативно-техн. документов.
9. Основные инструкции программируемых контроллеров Logix5000 [Электронный ресурс]. – URL: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm004_-ru-p.pdf (дата обращения: 03.03.2021).

10. Руководство по применению RSLogix 5000 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.studmed.ru/view/allen-bradleyrockwellrukovodstvo-po-primeniyu-po-rslogix-5000_38102bed144.html (дата обращения: 03.03.2021).

11. Руководство по применению RSLinx [Электронный ресурс]. – URL: <https://docplayer.ru/26183422-rukovodstvo-po-primeniyu-rslinx-doc-id-9399-linxgr-jan00.html> (дата обращения: 03.03.2021).

12. Кондрашов С.Н. Расчет материального баланса технологической установки каталитического риформинга бензинов: метод. рук. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 37 с.

13. Тепловая энергия. Потребление. Использование теплоэнергии. [Электронный ресурс]. – URL: <https://domovita.by/wiki/term/teplova-a-energiya> (дата обращения: 02.03.2021).

14. Системы сбора и возврата конденсата [Электронный ресурс]. – URL: <https://1-engineer.ru/solutions/sistemy-sbora-i-vozvrata-kondensata-kondensatnaya-stanciya-i-ustanovki/> (дата обращения: 02.03.2021).

15. Станции возврата конденсата на базе насосов объемного вытеснения (Gestra) [Электронный ресурс]. – URL: <https://alvas-eng.ru/products/parokondensatnye-sistemy/stantsii-vozvrata-kondensata/svk-na-baze-nasosov-obemnogo-vytesneniya/> (дата обращения: 03.03.2021).

References

1. Gromoglasov A.A., Kopylov A.S., Pil'shchikov A.P. Vodopodgotovka. Protsessy i apparaty [Water treatment. Processes and devices]. Moscow, Energoatomizdat, 1990, 272 p.

2. Charnaia E.B. Printsipy i usloviia organizatsii avtomatizirovannogo proizvodstva na khimicheskom predpriatii [Principles and conditions for organizing automated production at a chemical enterprise]. Perm', PSTU, 2010, 113 p.

3. Fedorov Iu.N. Poriadok sozdaniia, modernizatsii i soprovozhdeniia ASUTP [The procedure for the creation, modernization and maintenance of the process control system]. Moscow, Infra-Inzheneriia, 2011, 566 p.

4. Tsirlin A.M. Optimal'noe upravlenie tekhnologicheskimi protsessami [Optimal process control]. Moscow, Energoatomizdat, 1986, 399 p.

5. Dudnikov E.G., Kazakov A.V., Sofieva Iu.N., Tsirlin A.M., Sofiev A.E. et al. Avtomaticheskoe upravlenie v khimicheskoi promyshlennosti [Automatic control in the chemical industry]. Moscow, Khimiia, 1987, 368 p.

6. Energotekhnologicheskie protsessy i apparaty khimicheskikh proizvodstv [Energy technological processes and devices of chemical production]. Novosibirsk, In-T teplofiziki so an sssr, 1989, 135 p.

7. Medvedev M.Iu. Programmirovaniye promyshlennykh kontrollerov [Industrial controller programming]. Saint Petersburg, Lan', 2011, 287 p.

8. MEK 61131-2-92 Programmiruemye kontrollery. Obshchie tekhnicheskie trebovaniia i metody ispytaniy [IEC 61131-2-92 Programmable controllers. General technical requirements and test methods].

9. Osnovnye instruktsii programmiruemykh kontrollerov Logix5000 [Basic instructions for Logix5000 programmable Controllers], available at: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm004_-ru-p.pdf (accessed 03 March 2021).

10. Rukovodstvo po primeneniuu RSLogix 5000 [RSLogix 5000 Application Guide], available at: https://www.studmed.ru/view/allen-bradleyrockwellrukovodstvo-po-primeneniyu-po-rslogix-5000_38102bed144.html (accessed 03 March 2021).

11. Rukovodstvo po primeneniuu RSLinx. [RSLinx Application Guide], available at: <https://docplayer.ru/26183422-rukovodstvo-po-primeneniyu-rslinx-doc-id-9399-linxgr-jan00.html> (accessed 03 March 2021).

12. S.N. Kondrashov Raschet material'nogo balansa tekhnologicheskoi ustanovki kataliticheskogo riforminga benzinov [Calculation of the material balance of the technological unit for the catalytic reforming of gasoline]. nd ed. Perm', PSTU, 2006, 37 p.

13. Teplovaia energiia. Potreblenie. Ispol'zovanie teploenergii. [Thermal energy. Consumption. Use of heat energy], available at: <https://domovita.by/wiki/term/teplovaa-energiia> (accessed 03 March 2021).

14. Sistemy sbora i vozvrata kondensata [Condensate collection and return systems], available at: <https://1-engineer.ru/solutions/sistemy-sbora-i-vozvrata-kondensata-kondensatnaya-stanciya-i-ustanovki/> (accessed 03 March 2021).

15. Stantsii vozvrata kondensata na baze nasosov ob"emnogo vytesneniia (Gestra) [Condensate return stations based on positive displacement pumps (Gestra)], available at: <https://alvas-eng.ru/products/parokondensatnye-sistemy/stantsii-vozvrata-kondensata/svk-na-baze-nasosov-obemnogo-vytesneniya-/> (accessed 03 March 2021).

Об авторах

Югова Анна Андреевна (Пермь, Россия) – студент кафедры оборудования и автоматизации химических производств Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: 99817youa@mail.ru).

Вялых Илья Анатольевич (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: ilya.vyalyh@pstu.ru).

About the authors

Anna A. Yugova (Perm, Russian Federation) – Student, Department Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: 99817youa@mail.ru).

Ilya A. Vyalykh (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: ilya.vyalyh@pstu.ru).