

Термодинамический анализ системы сбора и повторного использования конденсата

Конахина И.А., д-р техн. наук, Конахин А.М., Шинкевич О.П., кандидаты техн. наук, Фазуллина А.И., асп.

Представлен сравнительный термодинамический анализ двух систем сбора и повторного использования парового конденсата крупного нефтехимического объединения, работающего в условиях невозврата конденсата источнику.

Ключевые слова: термодинамический анализ, системы сбора парового конденсата, утилизация вторичных энергоресурсов, энергосбережение, ресурсосбережение, энергоэффективность.

Thermodynamic Analysis of Condensate Gathering and Reusing System

I.A. Konakhina, Doctor of Engineering, A.M. Konakhina, Candidate of Engineering, O.P. Shinkevich, Candidate of Engineering, A.I. Fasullina, Post Graduate Student

The article is devoted to the comparative thermodynamic analysis of two systems of steam condensate gathering and reuse at the large petrochemical association working in the conditions of condensate non-return to a source.

Key words: thermodynamic analysis, systems of steam condensate gathering, recycling of secondary power resources, the energy savings, the savings of resources, energy efficiency.

При работе нефтехимических предприятий высока вероятность загрязнения парового конденсата органическими примесями промышленных технологий [1–4]. В таких условиях во избежание выхода из строя ответственного оборудования внешнего источника, которым, как правило, является промышленная ТЭЦ, конденсат источнику не возвращается, поэтому проблема его охлаждения, очистки и утилизации содержащейся в нем теплоты ложится на предприятие. Зачастую на предприятиях ограничиваются тем, что в узле сбора конденсата производят его охлаждение до 40 °С, после чего он сливается в заводскую канализацию. При этом у предприятия возникают проблемы дополнительных платежей из-за невозврата конденсата на ТЭЦ, разрушения коммуникаций и вредного воздействия на экологию, в связи с чем предприятие несет дополнительные экономические потери.

В целях повышения энерго- и ресурсосбережения в системах сбора конденсата нефтехимических предприятий целесообразно организовывать повторное использование конденсата и содержащейся в нем теплоты на полезные нужды технологий или теплофикаций предприятия.

Ниже результаты исследования обсуждаются на примере системы сбора и возврата конденсата крупного нефтехимического объединения ОАО «Казаньоргсинтез».

Рассматриваются две схемы: первая (рис. 1) – с охлаждением конденсата до 40 °С и дальнейшим сливом его в заводскую канализацию и вторая (рис. 2) – с организацией узла сбора конденсата, которая была получена с учетом утилизационных мер [2], включающих в себя комплекс энергосберегающих мероприятий:

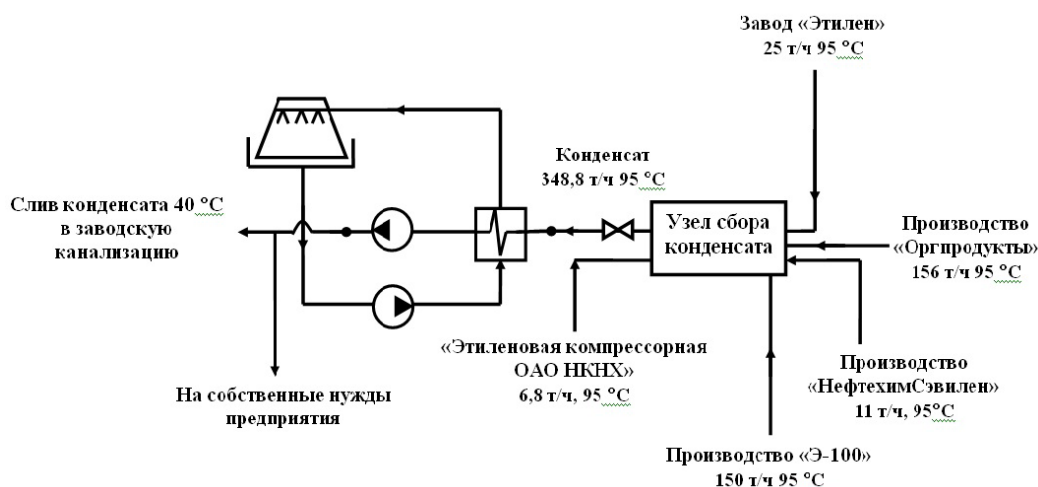


Рис. 1. Схема охлаждения конденсата нефтехимического предприятия ОАО «Казаньоргсинтез»

1) организацию утилизационного подогрева воды, отпускаемой в режиме горячего водоснабжения (ГВС) присоединенных потребителей. Это требует создания специального узла ГВС, где возвращенный конденсат с остаточной температурой 96°C охлаждается до $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$, подогревая холодную воду на нужды горячего водоснабжения потребителей (рис. 2). Снижение температуры конденсата до такого уровня позволяет использовать его на подпитку градирни системы оборотного водоснабжения. Такое решение позволяет также достичь некоторой экономии электроэнергии, затрачиваемой в насосах на транспортировку конденсата;

2) в летний период, в связи с проблемой недоохлаждения оборотной воды, утилизацию части теплоты парового конденсата на выработку захлажденной воды в абсорбционных бромисто-литиевых машинах (АБХМ) с температурой $+7\text{--}12^{\circ}\text{C}$. Как показывает практика, такое решение позволяет существенно снизить вероятность ухудшения качества выпускаемой продукции в период стояния наиболее высоких температур наружного воздуха или полной остановки производства из-за нарушения технологического регламента вследствие недоохлаждения технологического оборудования;

3) отпуск нагретого и охлажденного конденсата, соответствующего требованиям деминерализованной, умягченной, частично-обессоленной и глубоко-обессоленной воды на технологические нужды предприятия с обеспечением контроля его качества;

4) организацию охлаждения конденсата в аппаратах воздушного охлаждения (АВО) до требуемой для обеспечения надежной работы конденсатосборников температуры 40°C .

На рис. 2 представлена синтезированная система сбора и повторного использования конденсата.

В узел сбора возвращается конденсат различных температур со всех производств предприятия, затем конденсат с температурой 92°C поступает в АБХМ (в отопительный период АБХМ не работает).

На выходе из АБХМ температура конденсата составляет 82°C . Часть конденсата соответствующего качества может быть направлена на производство (порядка $180\text{--}260\text{ т/ч}$), остальное количество охлаждается в АВО до температуры $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$ и сливается в баки емкостью 2000 м^3 , откуда по мере необходимости откачивается потребителям охлажденного конденсата. Эта потребность оценивается на уровне $240\text{--}260\text{ т/ч}$. Таким образом, практически весь конденсат, образующийся на предприятии, может быть использован повторно.

Анализ водопотребления предприятия показал, что, в зависимости от требований регламента, различными производствами потребляется вода следующего качества (табл. 1):

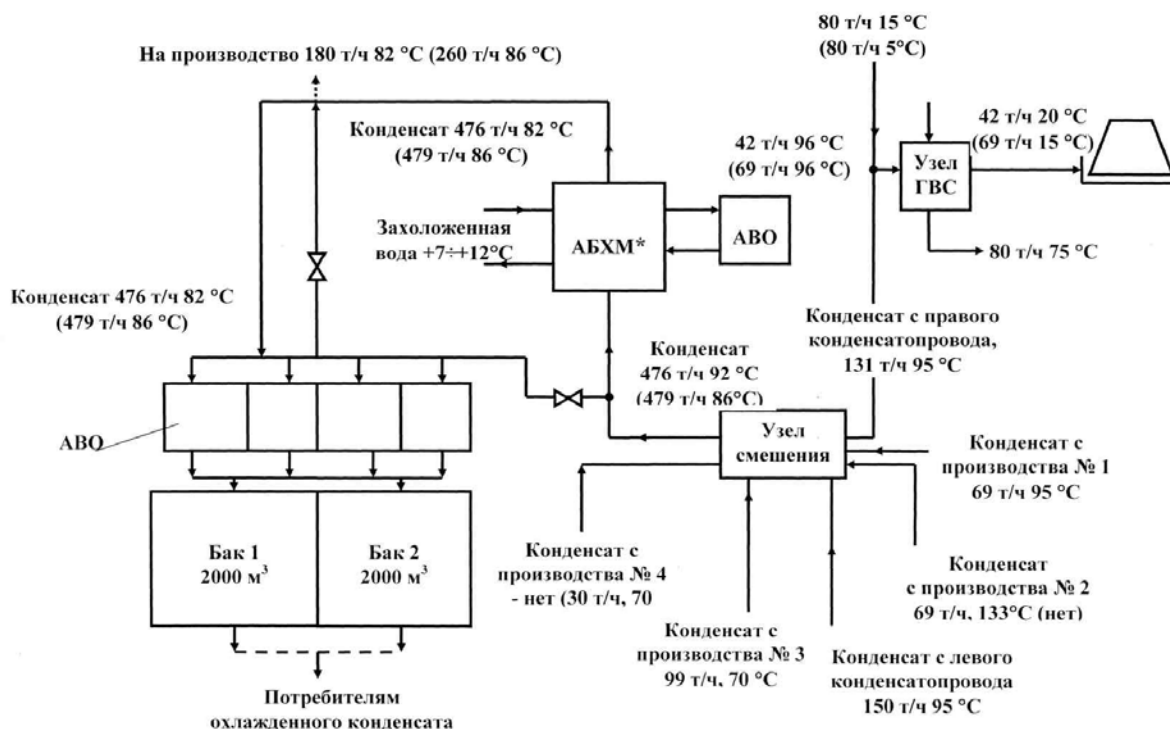


Рис. 2. Система охлаждения и повторного использования конденсата нефтехимического предприятия (отопительный период); * – в отопительный период АБХМ не работает

Таблица 1. Характеристика потребляемой воды

Качество воды	Заводские данные		
	t, °C	p, МПа	Усредненный расход G, т/ч
Деминерализованная вода	25	0,7	0,41
Умягченная вода	<90	0,7	80
Глубоко-обессоленная вода	30	0,7	0,60
Нагретая частично-обессоленная вода	95	0,7	180,83
Охлажденная частично-обессоленная вода	20-40	0,6	361,73

Паровой конденсат по своему качеству соответствует воде наивысшей степени обессоливания (ГОВ). Помимо этого существует потребность предприятия в горячей воде на нужды отопления производственных и административных зданий, сантехнического горячего водоснабжения, холодоснабжения на тепловодотреблении.

В случае возникновения аварийной ситуации (попадания загрязненного органическими примесями конденсата в систему) предложено (рис. 3) установить аппараты мгновенного вскипания (АМВ). Загрязненный поток конденсата с температурой 40 °С попадает в АМВ, где происходит процесс кипения при давлении ниже атмосферного. Образовавшиеся пары конденсируются за счет подаваемого потока оборотной воды, получается дистиллят, который в дальнейшем направляется на производство в качестве глубоко-обессоленной, частично-обессоленной, умягченной и деминерализованной воды. Оставшиеся в АМВ примеси, в зависимости от состава используемого продукта, можно также направить на производство.

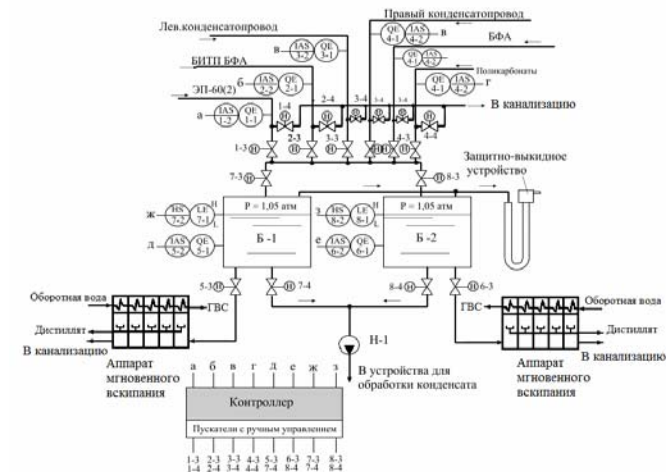


Рис. 3. Принципиальная схема организации пункта сбора конденсата в аварийной ситуации

В целях оценки энергосберегающего эффекта предлагаемого решения был проведен термодинамический анализ двух сравниваемых схем. Показателем термодинамической эффективности был выбран коэффициент полезного использования эксергии, который позволяет оценить степень эффективности работы всей системы в целом, а также определить пути и способы ее совершенствования.

Расчет велся для каждого элемента оборудования и системы в целом с помощью соотношения

$$\eta_e = \frac{\sum E_i^{пол}}{\sum E_i^{подв}}, \quad (1)$$

где $E_i^{подв}$ – подведенная к объекту эксергия с i -м потоком, кВт; $E_i^{пол}$ – полезно воспринятая в объекте эксергия i -го потока, кВт.

Для оценки системы была построена диаграмма Сэнки [4], которая наглядно позволяет разглядеть ее недостатки.

На рис. 4 и в табл. 2 приведены результаты анализа существующей системы сбора конденсата ОАО «Казаньоргсинтез». Система сбора конденсата фактически разомкнута (рис. 4), вследствие чего потери эксергии в системе достигают 91,5 %, а потери энергии составляют 81,8%.

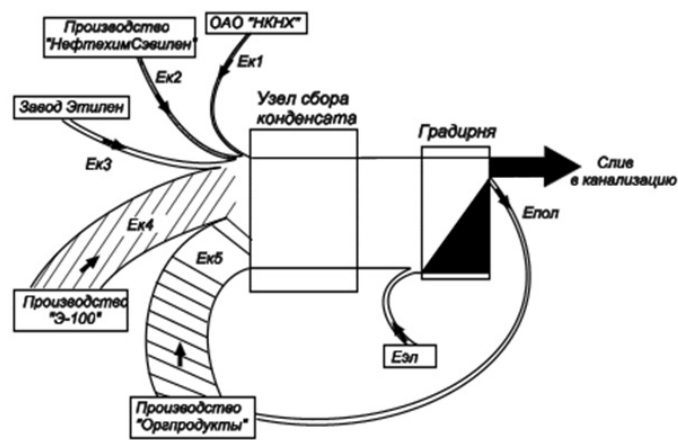


Рис. 4. Диаграмма эксергетических потоков существующей системы ОАО «Казаньоргсинтез»

На рис. 5 и в табл. 3 приведены результаты предлагаемой энерго- и ресурсосберегающей системы сбора и повторного использования конденсата, на основании которых можно сделать выводы о том, что при замыкании потоков эксергии регенерируется значительное количество теплоты.

Таблица 2. Результаты расчета КПИ существующей системы сбора конденсата

Элементы системы	Поток	Направление	Расход, кг/с	Температура, °С	Теплосодержание	Температурная функция	Тепловая эксергия		
Узел смешения	Конденсат	Вход	6,94	95	1022,57	0,26	263,98		
		Вход	41,67	95	6135,42	0,26	1583,87		
		Вход	43,33	95	6380,83	0,26	1647,23		
		Вход	3,06	95	449,93	0,26	116,15		
		Вход	1,89	95	278,14	0,26	71,80		
		Выход	96,89	95	14266,89	0,26	3683,03		
Градирня	Конденсат	Вход	96,89	95	14266,89	0,26	3683,03		
		Выход	96,89	40	6007,18	0,13	767,69		
					Q подв.		14266,89	E подв.	3683,03
					Q отв.		6007,18	E отв.	767,69
					Q пол.		2596,57	E пол.	349,89
КПИ системы энергетический					18,2%				
КПИ системы эксергетический					9,5%				

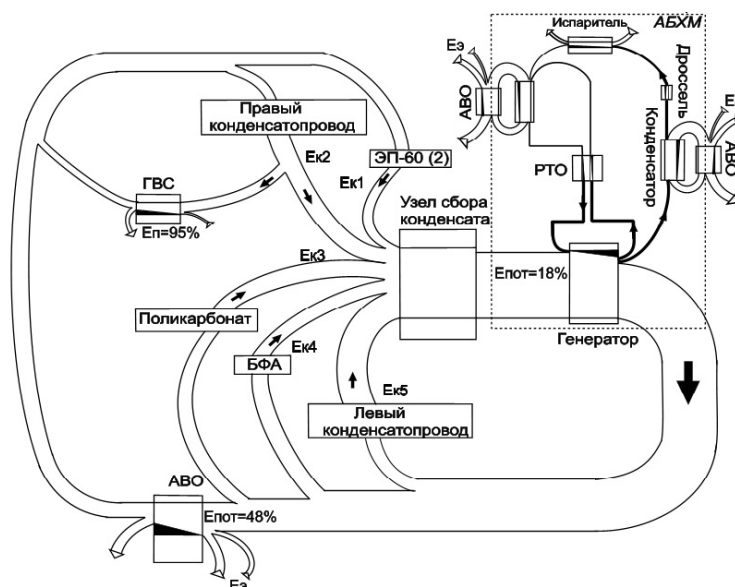


Рис. 5. Диаграмма эксергетических потоков предлагаемой системы сбора и повторного использования конденсата ОАО «Казаньоргсинтез»

Таблица 3. Результаты расчета КПИ предлагаемой системы сбора и повторного использования конденсата

Подвод			Отвод		
	Q, %	E, %		Q, %	E, %
Конденсат	50,85	69,75	Конденсат	52,26	62,63
Сетевая вода	2,36	0,79	Горячая вода	2,72	0,04
Воздух	8,53	3,98	Захоженная вода	0,64	0,08
			Сброс теплоты с наружным воздухом	12,64	8,37
Оборотная вода	14,56	7,47	Сброс теплоты с оборотной водой	16,99	10,00
Электроэнергия	23,69	18,02	Потери из-за необратимости процесса теплообмена	14,75	18,88
Всего:	100	100	Всего:	100	100
Тепловой КПИ			55,6		
Эксергетический КПИ			38,6		

Таким образом, сравнительный анализ исходной и синтезируемой систем сбора и повторного использования конденсата показал, что синтезируемая система на основе предлагаемых мероприятий дает ощутимый результат по сравнению с исходной системой: значения энергетического и термодинамического КПИ выросли на 37,4 и 29,1 % соответственно.

Список литературы

1. Система утилизации теплоты и повторного использования конденсата водяного пара на нефтехимиче-

ском предприятии / И.А. Коначина, А.М. Коначин, О.П. Шинкевич и др.: Междунар. Юбилейная науч.-практич. конф. «Передовые технологии и перспективы развития ОАО «Казаньоргсинтез». – Казань, 2008, с.155.

2. **Повышение** эффективности систем сбора конденсата и обратного водоснабжения на крупных нефтехимических предприятиях / И.А. Коначина, А.М. Коначин, Э.А. Ахметов, А.И. Фазуллина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2007. – № 5–6.

3. **Костерин Ю.В., Рожкова Л.П.** Повышение эффективности использования теплоты парового конденсата в промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

4. **Назмеев Ю.Г., Коначина И.А.** Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности. – М.: Изд-во МЭИ, 2001.

Коначина Ирина Александровна,
Казанский государственный энергетический университет,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленной теплоэнергетики,
телефон (8435) 19-42-56,
адрес: г. Казань, ул. Красносельская, д. 51,
e-mail: agropom_1958@mail.ru

Коначин Александр Михайлович,
Казанский государственный энергетический университет,
кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики,
телефон (8435) 19-42-56,
адрес: г. Казань, ул. Красносельская, д. 51,
e-mail: agropom_1958@mail.ru

Шинкевич Олег Петрович,
Казанский государственный энергетический университет,
кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики,
телефон (8435) 19-42-56,
адрес: г. Казань, ул. Красносельская, д. 51,
e-mail: agropom_1958@mail.ru

Фазуллина Алсу Ильсуровна,
Казанский государственный энергетический университет,
аспирант кафедры промышленной теплоэнергетики,
e-mail: fazullina_ai@mail.ru