



Предупреждение аварий

УДК 66.048.914

DOI: 10.25514/CHS.2026.1.26108

Анализ эффективности применения конденсатоотводчиков в химической промышленности: проблемы выбора, методы диагностики и перспективные решения*И. Р. Хайруллин¹, В. С. Гасилов¹, Л. И. Хайруллина¹, О. А. Тучкова¹✉*

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия, e-mail: touchkova-o-a@mail.ru

Поступила в редакцию: 30.04.2026 г.; после доработки: 13.05.2026 г.; принята в печать: 15.05.2026 г.

Аннотация – Конденсатоотводчики (КО) являются важными элементами пароконденсатных систем промышленных предприятий, обеспечивающими отвод конденсата из паропроводов и технологического оборудования без потерь греющего пара. От эффективности их работы зависят надежность и безопасность технологических процессов, срок службы оборудования и энергоэффективность производства в целом. В условиях современных требований к ресурсосбережению и экологической безопасности проблема корректного выбора и своевременной диагностики КО приобретает актуальность. В статье представлен анализ роли КО в различных отраслях промышленности с акцентом на специфику их применения в химическом и нефтехимическом производстве, предъявляющем повышенные требования к коррозионной стойкости материалов и надежности работы в агрессивных средах. В работе рассмотрены основные типы КО, систематизированы принципы их действия. Выполнен сопоставительный анализ преимуществ и недостатков каждого типа устройств, а также рассмотрены проблемы их эксплуатации: преждевременный выход из строя, неконтролируемые потери пара, подпор конденсата, приводящий к снижению эффективности теплообмена и риску гидроударов. Результаты проведенного анализа в совокупности с расчетом потерь пара через неисправные конденсатоотводчики свидетельствуют об объективной потребности в применении комплексного подхода к их выбору как инструмента повышения энергоэффективности предприятия.

Ключевые слова: конденсатоотводчик, энергоэффективность, методы диагностики, техническое обследование, поплавковый конденсатоотводчик, термостатический конденсатоотводчик, возврат конденсата.

Chemical accident/incident prevention

UDC 66.048.914

DOI: 10.25514/CHS.2026.1.26108

Analysis of the efficiency of steam traps in the chemical industry: selection issues, diagnostic methods and promising solutions*Irek R. Khairullin¹, Vladislav S. Gasilov¹, Liaisan I. Khairullina¹, and*

*Oksana A. Tuchkova*¹✉¹Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, e-mail: touchkova-o-a@mail.ru

Received: March 30, 2026; Revised: May 13, 2026; Accepted: May 15, 2026

Abstract – Steam traps (ST) are essential components of industrial steam and condensate systems, ensuring the removal of condensate from steam pipelines and process equipment without loss of heating steam. The reliability and safety of technological processes, the service life of equipment, and the overall energy efficiency of production depend on their efficiency. With modern demands for resource conservation and environmental safety, the correct selection and timely diagnostics of STs is becoming increasingly important. This article analyzes the role of STs in various industries, focusing on their specific application in chemical and petrochemical production, which places increased demands on the corrosion resistance of materials and reliability in aggressive environments. The paper examines the main types of STs and systematizes their operating principles. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of each device type is provided, along with operational issues such as premature failure, uncontrolled steam loss, and condensate back-up, which leads to reduced heat transfer efficiency and the risk of water hammer. The results of the analysis, together with the calculation of steam losses through faulty steam traps, indicate an objective need for an integrated approach to their selection as a tool for improving the energy efficiency of an enterprise.

Keywords: steam trap, energy efficiency, diagnostic methods, technical inspection, float steam trap, thermostatic steam trap, condensate return.

ВВЕДЕНИЕ

Конденсатоотводчики (КО) – это трубопроводная арматура, удаляющая конденсат и не пропускающая или ограниченно пропускающая водяной пар [1], которая играет определенную роль в поддержании эффективности и безопасности различных технологических процессов в пищевой, энергетической, химической промышленности. В условиях стремительного технологического прогресса и усиливающихся экологических требований, необходимо понимание текущих возможностей использования и вариантов потенциального применения более эффективных моделей КО.

Пароконденсатные системы широко применяются в технологических процессах химической промышленности, где тепловая энергия пара используется для работы теплообменных аппаратов и поддержания заданных температурных режимов. Эффективность функционирования таких систем во многом определяется корректной работой КО, основная роль которых заключается в том, чтобы обеспечить удаление конденсата и неконденсируемых газов без потерь рабочего пара. Накопление конденсата в теплообменном оборудовании приводит к снижению коэффициента теплопередачи, неустойчивости технологических режимов и повышению риска возникновения гидроударов.

В условиях общемировой тенденции повышения цен на энергоносители вопросы энергосбережения приобретают для российской промышленности

особую важность. В пароконденсатных системах промышленных предприятий, особенно таких энергоемких, как нефтехимические и химические производства, КО играют значимую роль в сокращении расхода пара и, как следствие, в экономии энергоресурсов. Эффективность и экономическая выгода напрямую зависят от их надежной работы, так как скопление конденсата или «пролет пара» снижает эффективность теплообменных процессов. В условиях химических производств указанные факторы приобретают особую значимость вследствие эксплуатации оборудования при высоких давлениях и воздействии коррозионно-активных сред.

Однако к настоящему времени на действующих производствах имеется значительное количество КО, установленных в качестве трубопроводной арматуры в соответствии с проектной документацией, которые морально и физически устарели, что приводит к потерям (от 16 до 19 кг/час) теплоносителя (пара) по каждой позиции [2], преждевременному выходу технологического оборудования из строя и росту эксплуатационных затрат.

В связи с этим актуальной задачей является комплексный анализ эффективности применения КО с позиций надежности, энергетической эффективности и промышленной безопасности.

Существующие исследования последних лет в значительной степени фокусируются на отдельных видах и аспектах применения КО [3–10].

Каких-либо методических рекомендаций, утвержденных приказами министерств, по выбору и методам диагностики КО, авторами не обнаружено, и настоящая публикация предполагает комплексное исследование по эффективности эксплуатации КО в современной химической промышленности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

КО находят применение в различных отраслях промышленности. В пищевой промышленности данные устройства обеспечивают отвод конденсата из конденсаторов и калоризаторов, что способствует поддержанию теплообменных характеристик и предотвращению деструктивных процессов в оборудовании. В энергетическом секторе КО интегрированы в системы теплоснабжения и парогенерации, где их функционирование направлено на минимизацию влагонакопления и обеспечение безаварийной работы энергосистем. Для химической промышленности характерно применение КО в технологическом оборудовании, что позволяет стабилизировать термодинамические параметры процессов и снизить вероятность аварийных ситуаций [11–14].

Решение о применении КО принимается при разработке проектной документации и основывается на тщательном анализе всех критериев и характеристиках КО, таких как: подтвержденная эффективность КО; ремонтпригодность КО; совместимость с действующими системами оборудования предприятия и конкретные условия эксплуатации.

Ключевые критерии подбора КО для технологических систем предложены на схемах 1, 2.

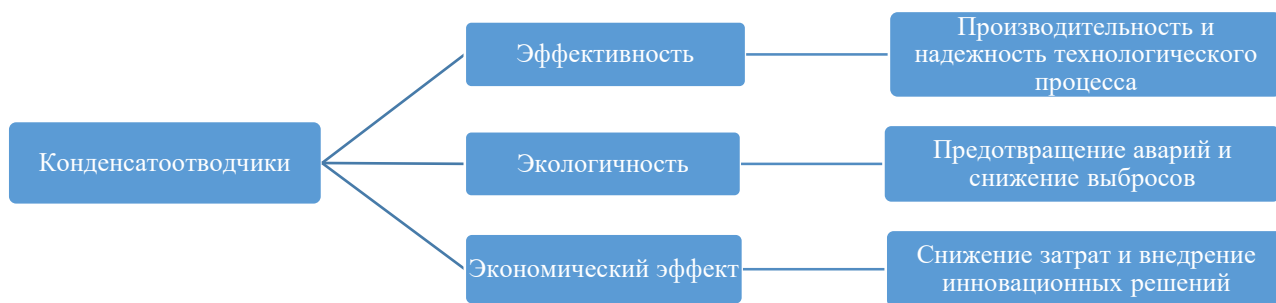


Схема 1. Основные критерии выбора конденсатоотводчиков.

Scheme 1. Main criteria for selecting steam traps.

Тип отрасли и основные требования к КО	Эксплуатационные требования	Требования энергоэффективности (экологичности)	Экономические требования
<ul style="list-style-type: none"> - химическая отрасль: • устойчивость к агрессивным средам, герметичность (безопасность) - энергетика: • работа с перегретым паром, высокое давление - пищевая отрасль: • материалы, устойчивые к коррозии и допускающие санитарную обработку 	<ul style="list-style-type: none"> • - образование конденсата при пуске (пиковые нагрузки) • - режим постоянной работы (номинальная нагрузка) • - необходимость отвода воздуха и неконденсируемых газов • - устойчивость к гидроударам и замерзанию 	<ul style="list-style-type: none"> • - минимизация потерь пролетного пара (экономия топлива) • - снижение углеродного следа (экологические стандарты) • - утилизация тепла конденсата (возврат в систему) 	<ul style="list-style-type: none"> • - ремонтпригодность (возможность обслуживания без остановки непрерывных процессов) • - срок службы и материалы корпуса и клапана (нержавеющая сталь, уплотнения)

Схема 2. Основные критерии подбора конденсатоотводчиков.

Scheme 2. Main criteria for selecting steam traps.

Учитывая, что выбор оптимальной конструкции КО всегда является компромиссом между технологической эффективностью, безопасностью и экономической целесообразностью, на практике специалистам приходится учитывать целый ряд конкретных параметров. Решающими факторами при подборе оборудования становятся тип устройства (например, термостатические, поплавковые или объемные сенсорные модели), специфика условий эксплуатации (диапазон рабочих давлений и объемы образующегося конденсата), а также требования к эффективности работы системы (полнота удаления конденсата, предотвращение коррозионных процессов и снижение энергопотребления). Кроме того, современный рынок предлагает инновационные решения от таких производителей, как MIYAWAKI (Япония), Gestra (Германия) и НПО АСТА (Россия). Решения ведущих производителей включают в себя применение новых материалов, элементы автоматизации и встроенные системы мониторинга, что также влияет на итоговый выбор. Для наглядного сопоставления перечисленных характеристик и облегчения задачи выбора КО данные по некоторым видам сведены в таблицу 1 [12, 15–21].

Таблица 1. Типы конденсатоотводчиков

Table 1. Types of steam traps

Тип КО	Принцип работы	Преимущества	Недостатки
Термостатические	Принцип действия основан на расширении/сжатии термочувствительного элемента при изменении температуры. При охлаждении (накоплении конденсата) элемент сжимается, открывая клапан. При нагреве (поступлении пара) расширяется, закрывая клапан и предотвращая потери пара	<ul style="list-style-type: none"> – полная автоматизация процесса, исключая постоянный контроль; – высокая энергоэффективность за счет отвода конденсата без потерь пара; – конструктивная надежность, простой монтаж и компактные размеры 	<ul style="list-style-type: none"> – подверженность загрязнениям, снижающим эффективность и требующим регулярного обслуживания; – ограничения по рабочим температурам (не для экстремальных условий); – потребность в дополнительных компонентах (фильтры); – сложность пусконаладки, требующая специальных знаний
Поплавковые	Принцип действия основан на разности плотностей пара и конденсата. При накоплении конденсата поплавков всплывает, открывая выпускное отверстие. При поступлении пара поплавков опускается, закрывая клапан	<ul style="list-style-type: none"> – надежный контроль уровня и защита от аварий; – энергоэффективность (нет потерь сжатого воздуха); – работа с конденсатом любой вязкости; – встроенная сигнализация с дистанционной передачей для быстрого реагирования на неисправности 	<ul style="list-style-type: none"> – надежность зависит от материала и качества изготовления (возможно зависание поплавка); – ограниченная область применения – только для высокого давления и больших объемов конденсата; – сложность обслуживания при неисправности; – отсутствие функции подачи сигнала при неисправности
Объемные сенсорные	Работают на основе объемного контроля уровня конденсата, что позволяет эффективно удалять его из системы и предотвращать накопление	Сочетают в себе преимущества таймерных соленоидных и поплавковых устройств, обеспечивая надежный слив конденсата и контроль за его уровнем	Требуют наличия электропитания, что ограничивает их применение в некоторых условиях. Сложные в установке и обслуживании, что увеличивает эксплуатационные затраты
Таймерные соленоидные	Удаляют конденсат в системах сжатого воздуха	<ul style="list-style-type: none"> – простота конструкции, – надежность; – энергоэффективность 	Необходимость электропитания, возможные потери сжатого воздуха при неправильной настройке
Электронные конденсатоотводчики	Работают на основе перемещения поплавка по стержню с магнитным сердечником, что позволяет точно контролировать уровень конденсата и предотвращать его накопление	<ul style="list-style-type: none"> – обеспечивают высокую степень надежности работы; – гарантируют отсутствие потерь сжатого воздуха; – могут быть оснащены сигналом тревоги для оповещения о неполадках; – поддерживают удаленную передачу данных, что идеально подходит для автоматизированных систем 	<ul style="list-style-type: none"> – энергозависимы (при отсутствии энергопитания перестают отводить конденсат); – стоят дороже механических аналогов; – требуют более квалифицированного обслуживания

Объемные сенсорные, таймерные, электронные КО встречаются реже. На производстве чаще всего используют термостатические и поплавковые КО, так как они оптимальны по соотношению надёжность/стоимость/простота эксплуатации в массовых промышленных условиях.

Если в таблице 1 представлены базовые типы КО общего назначения, то для химического производства необходим более детальный подход. Оборудование, работающее в химической промышленности, предъявляет особые требования к надежности, коррозионной стойкости и долговечности арматуры. В связи с этим особого внимания заслуживают шаровые поплавковые конденсатоотводчики серии G, которые благодаря своей конструкции и материалам изготовления оптимально подходят для эксплуатации в агрессивных средах и на основном технологическом оборудовании. В таблице 2 рассмотрены модели КО, адаптированные для работы с наличием агрессивных газов в конденсате, такими как кислород (O₂), диоксид углерода (CO₂), сероводород (H₂S), аммиак (NH₃), диоксид серы (SO₂) и высокими нагрузками для химической промышленности.

Таблица 2. Основные типы КО для химической промышленности

Table 2. Main types of ST for the chemical industry

Тип КО	Механизм работы и варианты размещения	Преимущества	Недостатки
Механические (поплавковые)	Используют разницу плотности пара и конденсата. Шаровой поплавок открывает клапан при достижении определенного уровня жидкости. Теплообменники, емкости обогрева и технологическое оборудование, требующее немедленного отвода конденсата	<ul style="list-style-type: none"> – высокая надежность; – работа при переменных нагрузках; – непрерывный отвод конденсата; – наличие воздушного клапана для удаления воздуха 	<ul style="list-style-type: none"> – чувствительны к гидроударам; – требуют защиты от замерзания; – громоздки
Термостатические (биметаллические)	Реагируют на разницу температур пара и конденсата. Биметаллические пластины изгибаются при изменении температуры, управляя клапаном. Дренажи паропроводов и оборудование, допускающее переохладение конденсата	<ul style="list-style-type: none"> – работают с переохладением конденсата (экономия энергии); – компактны; – возможность настройки температуры; – исключают пролет пара 	<ul style="list-style-type: none"> – имеют инерционность; – температура отвода зависит от давления; – требуют начальной настройки

Понимание конструктивных особенностей и областей применения различных типов КО создает базу для их подбора, но диагностика КО остается одним из важных этапов в процессе эксплуатации. В таблице 3 систематизированы основные подходы обследования КО.

Таблица 3. Таблица методов обследования КО

Table 3. Table of methods of examination of КО

Вид метода	Суть метода и преимущества	Инструменты и ограничения
<i>Качественные методы</i>		
Фокус-группы	Сбор мнений и опыта работников предприятий, «живое» обсуждение проблем	Фокус-группы с разным составом участников. Возможная низкая репрезентативность выборки
Анализ отзывов	Выявление реальных проблем и преимуществ в эксплуатации.	Проведение опросов, онлайн-платформы. Сложность сбора достаточного количества отзывов
<i>Количественные методы</i>		
Эмпирические исследования	Измерение параметров работы оборудования. Получение надежных данных в условиях эксплуатации	Натурные обследования. Временные затраты
Статистический анализ	Анализ данных о производительности и надежности. Выявление закономерностей и зависимостей	Проверенные методы сбора данных, верификация выборки. Качество результатов зависит от точности и полноты исходных данных
Технический анализ	Инструментальная оценка производительности и надежности. Получение конкретных, объективных данных о работе оборудования	Требует специализированного оборудования и квалифицированного персонала

Ниже представлены некоторые примеры из патентов по улучшению конструкции КО:

1. Изобретение направлено на улучшение надежности работы конденсатоотводчика. Это достигается за счет разработки конструкции, которая эффективно отделяет пар и газ от конденсата, не используя при этом подвижных элементов. Выходной патрубком для удаления конденсата размещен в корпусе на уровне конусообразной части воронки. Для создания пористого гидрофобного материала используется пороцерамика, обработанная кремнийорганическим соединением для придания ей гидрофобных свойств [18].
2. Изобретение [19] направлено на повышение эффективности работы конденсатоотводчика. Оно решает проблему теплопотерь, которые возникают из-за наличия пузырьков пара или газа в конденсате. Эти пузырьки способствуют выходу тепла из теплопотребляющих устройств. Работа устройства основана на тангенциальном вводе парогазожидкостной смеси, которая затем закручивается и подвергается центробежной сепарации. Конденсат оседает на дне, а пар или газ поднимается вверх. В канавках с противоположным направлением закрутки возникают встречные вихревые потоки, которые при взаимодействии вызывают микроскопические

взрывы. Это способствует более эффективному отделению парогазовых пузырьков от конденсата. Поплавок автоматически регулирует проходное сечение для удаления конденсата. Биметаллическая втулка обеспечивает термовибрацию, которая предотвращает засорение устройства окалиной и ржавчиной.

3. Новое устройство [20] упрощает конструкцию, повышает эффективность и надёжность конденсатоотводчика. Через впускной патрубок конденсат поступает в полость поплавка и корпуса. Когда в этой полости накапливается пар, возникает выталкивающая сила (по принципу Архимеда), поднимающая поплавок. Поплавок через рычаг опускает клапан и закрывает запорный механизм. После конденсации пара поплавок под действием собственного веса и давления среды опускается, открывая клапан для выпуска конденсата. Внешний объём корпуса всегда заполнен конденсатом, создавая гидрозатвор и предотвращая проникновение «пролётного» пара.

Перспективными направлениями в подборе КО может быть применение методов машинного обучения и комбинированных подходов для повышения точности прогнозирования отказов в работе КО и оптимизации их работы. Однако на практике самым надёжным и точным методом до сих пор остается традиционный обход оборудования: когда квалифицированный специалист «проходит» по технологическому оборудованию, фиксируя показания приборов и отмечая особенности работы каждого КО.

Результаты энергетических обследований, проведённые на ряде промышленных предприятий, свидетельствуют о наличии высокой доли (более 50%) морально устаревших или даже неисправных КО. Значительная часть потерь пара (до 19 кг/час по одной позиции) связана с устройствами, работающими в открытом положении (так называемый «пролёт пара»), что приводит к существенным теплотерям, а, следовательно, и к финансовым потерям, и подтверждает необходимость регулярного инструментального обследования и своевременного обслуживания арматуры [2, 17, 22].

Неверный подбор или отказ в работе КО оборачиваются сбоями в технологии и перерасходом тепла. Это приводит к местному повышению давления в конденсатном коллекторе и «короткому замыканию» участка паропровода, что препятствует отводу конденсата через исправные КО, нарушает гидравлический и тепловой режим работы оборудования.

Чтобы исключить эти риски, модернизация пароконденсатных систем (замена КО) должна выполняться на основе документации на техническое перевооружение опасного производственного объекта, подлежащей экспертизе промышленной безопасности [23]. В данном случае под техническим перевооружением опасного производственного объекта понимается модернизация или замена применяемых на опасном производственном объекте технических устройств (далее – ТУ).

Капитальный ремонт КО лишь восстанавливает их работоспособность, но в подавляющем большинстве случаев неисправные КО ремонтировать экономически нецелесообразно, так как затраты на приобретение и установку

запасных частей, сопоставимы с ценой на новый КО. В то время как, состав документации на техническое перевооружение опасного производственного объекта позволяет обосновать необходимость модернизации трубопроводной арматуры пароконденсатных систем, оптимизировать энергоэффективность, обеспечив безопасную эксплуатацию оборудования на долгосрочную перспективу.

Наиболее показательно экономический ущерб от неэффективно (неисправно) работающих КО проявляется на крупных промышленных предприятиях с непрерывным режимом работы и централизованной системой пароснабжения, на которых система отвода конденсата содержит сотни КО различных типов, часть из которых неисправны, морально устарели или эксплуатируются сверх нормативного срока службы.

Обобщение результатов тепловизионного контроля внутрицеховых паропроводов, проведенного на различных промышленных объектах, позволяет сделать следующую оценку: средняя доля неисправных КО составляет 57% от их общего количества [2].

Основные дефекты – пропуск пара в линию конденсата вследствие износа запорного элемента или потери герметичности.

В дальнейшем, используя известные формулы [24], можно легко определить экономический ущерб предприятия от неэффективной работы КО, установленных на линиях обогрева технологических трубопроводов, дренажах паропроводов, паровых спутниках и т.п.

Годовые потери пара ($Q_{\text{пар}}$ (кг/год) через неисправные конденсатоотводчики определяются по формуле (1):

$$Q_{\text{пар}} = n \cdot G_{\text{уд}} \cdot t, \quad (1)$$

где n – количество неисправных конденсатоотводчиков (шт.);

$G_{\text{уд}}$ – удельная потеря пара через один неисправный конденсатоотводчик, определяемая по номинальному диаметру условного прохода и перепаду давления (кг/ч);

t – время работы установки в течение года (ч/год, непрерывный режим).

Тепловые потери (E , Дж/год), связанные с безвозвратным пропуском пара, рассчитываются по формуле (2), как произведение массовых потерь пара – $Q_{\text{пар}}$ (кг/год), на разность энтальпий пара и конденсата при соответствующих параметрах пара:

$$E = Q_{\text{пар}} \cdot (h_{\text{п}} - h_{\text{к}}), \quad (2)$$

где $h_{\text{п}}$ – энтальпия пара (Дж/кг), $h_{\text{к}}$ – энтальпия конденсата (Дж/кг), принималась по состоянию насыщения.

Для пароснабжения на большинстве предприятий используются два основных уровня давления: 10 атм. и 4 атм. Распределение потерь между ними, как правило, пропорционально количеству неисправных конденсатоотводчиков на соответствующих линиях.

Таким образом, в зависимости от количества неисправных КО в пароконденсатных системах промышленных предприятий, финансовые потери организации могут достигать значительных величин без учета дополнительных

затрат, связанных с увеличением расхода топлива, износом тепловых сетей и снижением производительности технологического оборудования.

Расчеты финансовых потерь подтверждают, что даже при доле неисправных конденсатоотводчиков ($\approx 57\%$) годовые потери теплоносителя составляют величину, сопоставимую с объемом потребления тепловой энергии отдельной технологической установки.

Таким образом, выбор наиболее оптимальных КО для имеющихся условий эксплуатации должен проводиться на основании разработанной документации на техническое перевооружение, как по техническим (надежность и качество, срок службы, эффективность отвода конденсата), так и по экономическим характеристикам (цена, средний срок эксплуатации, срок окупаемости), что позволит:

- полностью исключить или существенно снизить непроизводственные потери теплоносителя на паропотребляющем оборудовании в виде пара с последующим снижением его удельного расхода на выпуск единицы продукции и снижением общей доли энергетической составляющей в себестоимости конечной продукции;
- исключить вероятность проявления гидроударов и попадания пароконденсатной смеси в рабочее пространство агрегатов;
- улучшить тепловой и гидравлический режимы работы теплопотребляющего оборудования за счет правильной организации отвода конденсата;
- уменьшить коррозию и эрозию внутренней поверхности паропроводов;
- снизить общее количество потребляемого пара.

Конструкция одного из современных конденсатоотводчиков представлена на схеме 3.

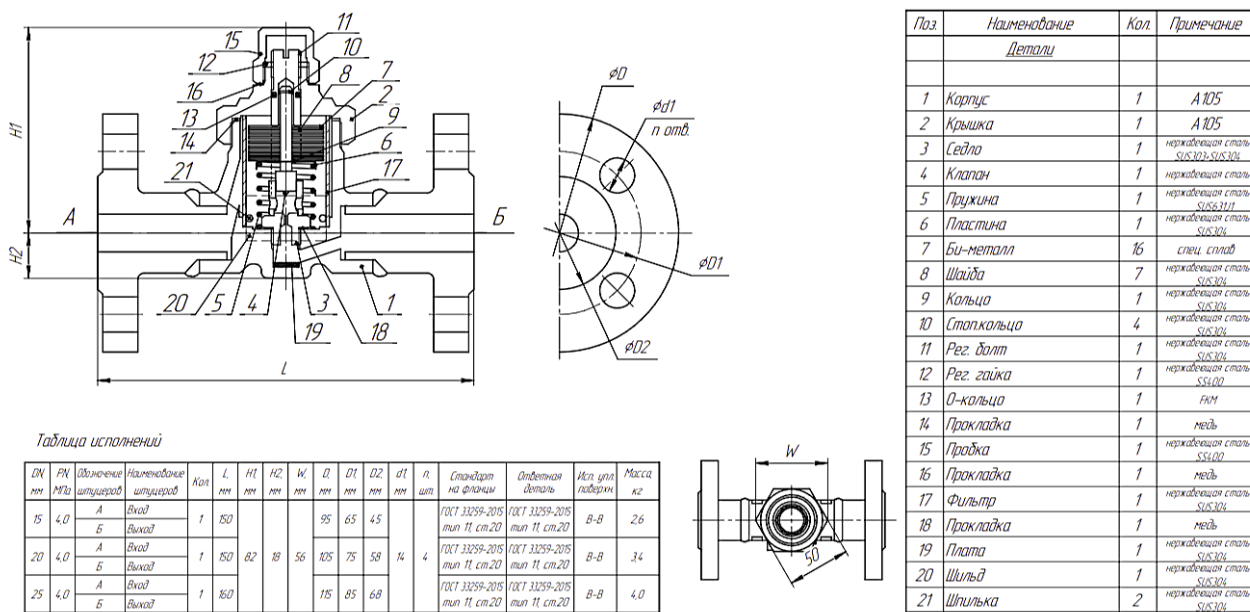


Схема 3. Чертеж современного конденсатоотводчика. Адаптировано из [2].

Scheme 3. Drawing of a modern steam trap. Adapted from [2].

Данная конструкция термостатического биметаллического конденсатоотводчика обладает рядом преимуществ, обусловленных типом устройства:

- высокая надежность и ресурс работы: простота конструкции, заключающаяся в малом количестве движущихся частей, которое снижает риск отказов оборудования и увеличивает общий срок службы устройства. Применяемая в клапанном узле система самозакрывающегося и самоцентрирующегося клапана (SCCV), используемая ведущими производителями, обеспечивает мягкое закрытие, что минимизирует износ и эрозию компонентов клапана, особенно в условиях высоких давлений;
- компактность и легкость монтажа, обусловленная малыми габаритами и весом КО такого типа, что упрощает их установку даже в ограниченном пространстве;
- устойчивость к замерзанию: конструкция выдерживает замерзание при отключении системы в холодное время года без выхода из строя, что является важным преимуществом для регионов с суровым климатом;
- широкий диапазон рабочих параметров: КО эффективно работают в широком диапазоне давлений и температур на перегретом и насыщенном паре;
- циклический режим работы: устройство работает в циклическом режиме, что визуально позволяет легко контролировать его работу и оперативно выявлять неисправности.
- встроенная защита от загрязнений: наличие интегрированного фильтра предотвращает попадание твердых частиц и накипи в рабочую камеру, что особенно важно для надежности и долговечности устройства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из проведенного анализа следует, что эффективность функционирования пароконденсатных систем химических предприятий в значительной степени определяется техническим состоянием КО. Высокая доля неисправных устройств может сигнализировать о том, что предприятию необходимо переходить от эпизодического обслуживания к системному мониторингу их работы.

При выполнении подобных работ, приоритет следует отдавать выполнению полного цикла работ: аудит, разработка необходимой документации и дальнейшее инжиниринговое сопровождение.

Современные технологии в производстве конденсатоотводчиков развиваются в направлении объединения пассивных физических принципов (гидрофобность, центробежные и архимедовы силы) с интеллектуальной гидродинамикой. Основные задачи – обеспечить максимальную надёжность при минимальном обслуживании, снизить энергозатраты за счёт уменьшения потерь пара и адаптировать устройства к реальным условиям эксплуатации, включая загрязнения и колебания давления. Это соответствует глобальному

тренду на создание умных и пассивных устройств для промышленной теплоэнергетики.

Совершенствование конструкций КО, как составляющих трубопроводной арматуры, и внедрение интеллектуальных систем контроля за работой ТУ представляют одно из перспективных направлений управления промышленной безопасностью при эксплуатации опасных производственных объектов.

Для достижения максимального эффекта необходима комплексная оценка эффективности функционирования КО, включающая проектирование, установку современного оборудования, регулярный мониторинг, квалифицированное обслуживание и, что немаловажно, понимание эксплуатирующими организациями важности процесса энергосбережения.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS:

The authors declare no conflict of interests.

Список литературы:

1. ГОСТ 24856-2014. Арматура трубопроводная. Термины и определения.
2. Miyawaki – оборудование для пара и конденсата, конденсатоотводчики. <https://ogeeng.com/oborudovanie/miyawaki-oborudovanie-dlya-para-i-kondensata-kondensatootvodchiki/> (дата обращения 23.03.2026).
3. Гончарова Н.А., Лагонская Я.Д. (2024). Расчет дроссельных конденсатоотводчиков с аккумулярующим объемом. Тезисы докладов тридцатой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М.: ООО «Центр полиграфических услуг «РАДУГА». С. 1053.
4. Лагонская Я.Д., Гончарова Н.А. (2024). Характеристики конденсатоотводчиков с толстостенным закрытым поплавком и инверсным клапанным узлом. Тезисы докладов тридцатой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М.: ООО «Центр полиграфических услуг «РАДУГА». С. 1056.
5. Конденсатоотводчик российского производства: путь локализации. (2024). *Сырodelие и маслodelие*, (2), 68–70.
6. Российские технологии: остро востребованные конденсатоотводчики и другое оборудование для пароконденсатных систем. (2024). *Молочная промышленность*, (4), 88–90.
7. Гончарова Н.А. (2024). *Повышение эффективности работы конденсатоотводчиков дроссельного типа. Сборник статей по материалам пятой Всероссийской научно-практической конференции «Современная наука: актуальные проблемы, достижения и инновации»*. Белебей: Самарский государственный технический университет. С. 59–61.
8. Филипова Л.Г., Захаров А.В., Арефьев С.А., Подольничик К.А. (2023). *Методика расчета автоматических конденсатоотводчиков. В сборнике научных трудов «Автомобильное строительство и автомобильный транспорт»*. В 2 томах. Минск: Белорусский национальный технический университет, 1. С. 283–287.
9. Яковлев Г.П. (2002). Экономия энергии в технологии текстильной промышленности. *Российский Химический Журнал*, XLVI, 2, 56–61.

10. Дубинина Н.А., Мичурина О.Ю., Лосенков О.И. (2025). Повышение эффективности технологических процессов предприятия газовой отрасли на основе оптимизации работы пароконденсатной системы. *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*, (3) (53), 32–38. <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2025-53-3-32-38>.
11. Галюжин С.Д., Лобикова О.М. (2022). Сравнительный анализ способов определения расхода конденсата в системе вентиляции машиностроительного предприятия. *Транспортное машиностроение*, 7, 53–63. <https://doi.org/10.30987/2782-5957-2022-7-53-63>.
12. Ляпков А.А., Сутягин В.М., Лопатинский В.П., Бондалетов В.Г. (2025). *Основы проектирования и оборудование производств полимеров: учебное пособие для вузов*. Санкт-Петербург: Лань. 480 с.
13. Малышев В.С., Пантилеев С.П. (2022) *Тепломассообменное оборудование предприятий: учебное пособие: в 2 частях*. Мурманск: МАУ. Часть 1: теоретический курс. 204 с.
14. Малышев В.С., Пантилеев С.П. (2022) *Тепломассообменное оборудование предприятий: учебное пособие: в 2 частях*. Мурманск: МАУ. Часть 2: практический курс. 182 с.
15. Тагиев Р.С., Озолин А.В. (2023). *Современные гидравлические и пневматические системы транспортно-технологических машин и комплексов: учебное пособие*. Краснодар: КубГТУ. 175 с.
16. Slobodchuk V.I. (2021). *User guide of MFA VVER-1000 simulator for laboratory work: учебное пособие*. М.: НИЯУ МИФИ. 52 с.
17. Зайнуллин Р.М. (2008). Энергосбережение – путь к успеху! *Экспозиция Нефть Газ*, 1/Н (51), 29–30.
18. Пат. № 2346201 РФ, 2009.
19. Пат. № 2390686 РФ, 2010.
20. Пат. № 2675636 РФ, 2018.
21. Шуклина Л.В., Бурых Г.В. (2022). Разновидности конденсаторов в технологии химических производств. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Ф.Ф. Ниязи «Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии». Курск: Юго-Западный государственный университет, 292–295.
22. Трубопроводная арматура, детали трубопроводов, нестандартное оборудование. <http://www.trubarm.ru/dealer-miyawaki.htm> (дата обращения 23.03.2026).
23. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
24. Овчинников В.В., Гуреева М.А. (2024). *Теплотехника: учебник*. М.; Вологда: Инфра-Инженерия. 196 с.

References:

1. GOST (Interstate Standard) 24856-2014. Pipeline valves. Terms and definitions (in Russ.).
2. Miyawaki – equipment for steam and condensate, steam traps. <https://ogeeng.com/en/products/miyawaki-steam-traps-and-steamvapour-equipment/> (accessed 23.03.2026).
3. Goncharova, N.A. & Lagonskaya, Ya.D. (2024). Calculation of throttle steam traps with an accumulation volume. *Abstracts of the Thirtieth International Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduates “Radio Electronics, Electrical Engineering and Power Engineering”*. М.: ООО “Centr poligraficheskikh uslug “RADUGA”. P. 1053. (in Russ.).
4. Lagonskaya, Ya.D. & Goncharova, N.A. (2024). Characteristics of steam traps with a thick-walled closed float and an inverted valve unit. *Abstracts of the Thirtieth International Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduates “Radio Electronics, Electrical*

- Engineering and Power Engineering*". М.: ООО "Centr poligraficheskikh uslug "RADUGA". P. 1056. (in Russ).
5. Localizing a Russian steam trap. (2024). *Syrodellie i maslodellie = Cheese- and buttermaking*, (2), 68–70 (in Russ.).
 6. Russian technologies: highly-demanded condensate drains and other equipment for steam condensate systems (2024). *Molochnaya promyshlennost' = Dairy industry*, (4), 88–90 (in Russ.).
 7. Goncharova, N.A. (2024). *Improving the efficiency of throttle-type steam traps. A collection of articles based on the materials of the fifth All-Russian scientific and practical conference "Modern Science: Current Problems, Achievements and Innovations"*. Belebey: Samara State Technical University. Pp. 59–61. (in Russ).
 8. Filipova, L.G., Zakharov, A.V., Arefyev, S.A. & Podolyanchik, K.A. (2023). Methodology for calculating automatic steam traps. In the collection of scientific papers "Automotive and tractor engineering and automobile transport". In 2 volumes. Minsk: Belarusian National Technical University, 1. Pp. 283–287.
 9. Yakovlev, G.P. (2002). Energy saving in textile industry technology. *Russian Chemical Journal*, XLVI, 2, 56–61 (in Russ.).
 10. Dubinina, N.A., Michurina, O.Yu. & Losenkov, O.I. (2025). Improving the efficiency of technological processes gas industry enterprises by optimizing the operation of the steam-condensate system. *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea*, (3) (53), 32–38 (in Russ.). <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2025-53-3-32-38>. (in Russ.).
 11. Galyuzhin, S.D. & Lobikova O.M. (2022). Comparative analysis of methods to define condensate flow in the ventilation system of a machine-building enterprise. *Transport Engineering*, 7, 53–63 (in Russ.). <https://doi.org/10.30987/2782-5957-2022-7-53-63>.
 12. Lyapkov, A.A., Sutyagin, V.M., Lopatinsky, V.P. & Bondaletov, V.G. (2025). *Fundamentals of design and equipment for polymer production: a textbook for universities*. Saint Petersburg: Lan. 480 p. (in Russ).
 13. Malyshev, V.S. & Pantileev, S.P. (2022) *Heat and mass transfer equipment of enterprises: a textbook: in 2 parts*. Murmansk: Murmansk Arctic University. Part 1: theoretical course. 204 p. (in Russ).
 14. Malyshev, V.S. & Pantileev, S.P. (2022) *Heat and mass transfer equipment of enterprises: a textbook: in 2 parts*. Murmansk: Murmansk Arctic University. Part 2: practical course. 182 p. (in Russ).
 15. Tagiev, R.S., Ozolin, A.V. (2023). Modern hydraulic and pneumatic systems of transport and technological machines and complexes: a tutorial. Krasnodar: Kuban State Technological University. 175 p. (in Russ).
 16. Slobodchuk, V.I. (2021). *User guide of MFA VVER-1000 simulator for laboratory work: a tutorial*. М.: National Research Nuclear University MEPhI. 52 p.
 17. Zainullin, R.M. (2008). Energy saving is the path to success! *Exposure Oil Gas*, 1/H (51), 29–30 (in Russ).
 18. Pat. 2346201 Russian Federation, 2009.
 19. Pat. 2390686 Russian Federation, 2010.
 20. Pat. 2675636 Russian Federation, 2018.
 21. Shuklina, L.V. & Burykh, G.V. (2022). Types of capacitors in chemical production technology. A collection of scientific articles from the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists, dedicated to the 80th anniversary of the birth of Professor F.F. Niyazi "Fundamental and Applied Research in Chemistry and Ecology". Kursk: Southwestern State University, 292–295 (in Russ.).
 22. Pipeline fittings, pipeline parts, non-standard equipment. <http://www.trubarm.ru/dealer-miyawaki.htm> (accessed 23.03.2026).
 23. On industrial safety of hazardous production facilities. Federal law of the Russian Federation of July 21, 1997, No. 116-FL (in Russ.).

24. Ovchinnikov, V.V. & Gureeva, M.A. (2024). *Thermal engineering*: textbook. М.; Vologda: Infra-Engineering. 196 p. (in Russ.).