

Тщательное планирование беззаботная эксплуатация

Dipl.-Ing. Paul Köberlein, LOOS INTERNATIONAL

Предотвратимые нагрузки у паровых котельных установок с большим водяным объёмом

Паровые котельные установки подлежат ряду нагрузок, которые ведут к более или менее сильной нагрузке корпуса котла. При этом наряду с недостаточным качеством воды важны два основных фактора: влияния расчёта и настройки, а также влияния с потребительской стороны.

Следующая статья описывает предотвратимые нагрузки для котельных установок и делает возможным ознакомление читателя с правильным планированием, компоновкой и настройкой, вплоть до эксплуатации установок.



Рисунок 1: Паровой котёл с большим объёмом воды компании ЛООС ИНТЕРНЕШЕНЕЛ в одном из промышленных предприятий

Сегодня насыщенный пар в качестве теплоносителя находит применение во множестве ремесленных и промышленных предприятий всех отраслей. В пищевой промышленности и производстве напитков поддерживаются процессы розогрева, варки а также чистки, текстильная отрасль использует теплоноситель, прежде всего, для дальнейшей обработки и отделки материалов, прачечные и текстильные чистки отапливают стиральные машины или используют пар для процессов глажки и высушивания. В больницах очищенным паром стерилизуются операционные наборы, снабжается присоединённая фабрика-кухня или пар используется для увлажнения воздуха кондиционера. Промышленность по производству стройматериалов нуждается в насыщенном паре для большого числа нагревательных процессов и процессов высушивания, как например при автоклавировании силикатного кирпича. Но также и во многих других отраслях, как например бумажной и

картонажной промышленности, химической промышленности, фармацевтической промышленности и многих других областях нельзя себе больше представить вместо пара другой теплоноситель.

Наибольшая часть этих применений пара нуждается в насыщенном паре или слегка перегретом паре с производительностью до 200 т/ч, давлением до 30 бар и температурой пара до 300 °С. Для производства пара, как правило, используются один или несколько паровых котлов с газовым или жидко-топливным отоплением конструкции котёл с большим объёмом воды (рисунок 1). Они являются по сравнению с водотрубными котельными системами в упомянутом спектре производительности в большинстве случаев лучшей, так как в приобретении и эксплуатации более экономичные, альтернативой.

Сегодня эксплуатация современных паровых котельных установок с

большим объёмом воды происходит без особенных сложностей. Тем не менее, котлы часто подлежат ряду в сущности предотвратимых нагрузок, которые оказывают решающее влияние на надёжность и долговечность энергопроизводителей. При этом наряду с недостаточным качеством воды важны два основных фактора: влияния расчёта и настройки, а также влияния с потребительской стороны.

1. Недостаточное качество воды

Недостаточное качество воды с последствием коррозии или образования налёта стоит на первом месте в статистиках повреждений. Протекающие при этом виде повреждения механизмы считаются общеизвестными, поэтому не будут рассмотрены более близко в этом спец. докладе. Часто причинами "плохого" качества воды могут быть



Рисунок 2: Последствия недостаточного контроля твёрдости

названы следующие пункты:

- недостаточный контроль или проверка необходимых параметров воды (рисунок 2)
- недостаточное специализированное знание
- Ошибочная интерпретация результатов измерений или отсутствия реакции при отклонениях

Для предотвращения повреждений вследствие недостаточного качества воды требуется в первую очередь соблюдение указанных производителем котельного оборудования водных эквивалентов (соответственно EN 12953 часть 10). К тому же необходимо, наряду с использованием предназначенных компонентов водоподготовки также заботиться о достаточной компетенции в области водного анализа. Рекомендуется устанавливать полностью автоматизированные устройства анализа, которые регистрируют и контролируют все водные параметры как твёрдость, проводимость, pH-величина и чистота конденсата (ри-

сунк 3) смотри спец. доклад "Устройство водного анализа LOOS WATERANALYSERLWA".

2. Влияния расчёта и настройки

2.1 Слишком большая производительность котла в сравнении с действительно необходимой паропроизводительностью

Эта проблематичность часто обнаруживается в устаревших установках, потребление пара которых было заметно сокращено в результате упразднения потребителей или дополнительного использования имеющихся потенциалов рекуперации тепла. Но также и новые установки могут быть затронуты, если при планировании были неправильно оценены коэффициенты одновременности потребителей или производилось калькулирование со слишком роскошными резервами производительности. Последствием значительно меньшего использования пара относи-

тельно производительности котла является высокое число включений и выключений горелки. Что в свою очередь вызывает изменения температуры, которые могут быть предельными особенно у котельных установок с газовым отоплением и долгим временем продувки.

Горелки производят в топочной камере температуры между 1.400 и 1.700 °С. Во время фазы продувки топочной камеры, которая предписана перед каждым процессом зажигания горелки, из котельного помещения выпускается первичный воздух. Благодаря низким температурам воздуха от 20 до 30 °С происходит охлаждение предварительно горячих поверхностей нагрева. Затем зажигается горелка и в большинстве случаев очень быстро получает сигнал увеличить до максимума ступень нагрузки. В крайне слабых фазах нагрузки её очень часто снова отключают уже во время набора мощности, чтобы потом - часто вскоре после этого - снова продуть и зажечь.

Из за этой длительной, вызванной



Рисунок 3: Современная паровая котельная установка компании ЛООС ИНТЕРНЭШЕНЕЛ с полностью автоматизированным

изменением температуры, нагрузки между нагревом и проветриванием доходит до различий в расширении между топочной камерой и обшивкой котла, которые в течение времени могут привести к усталости материала. Наряду с растущей подверженностью повреждению этот способ эксплуатации также отрицательно влияет на экономичность, так как каждый процесс продувки представляет существенную потерю тепла.

Поэтому нужно стремиться к тому, чтобы циклы переключения горелки 4 в час.

Чтобы достигнуть этого, рекомендуется

- вмонтирование устройств регулировки малых нагрузок, которые временно замедляют мгновенное регулирование в сторону увеличения после старта горелки
- использование регуляторов производительности, которые позво-

ляют удерживать горелку неограниченное время на низкой ступени нагрузки

- использование горелок с высоким диапазоном регулирования
- согласование мощности горелки с действительными потребностями (это значит модификация горелки или же прикрепление горелки с меньшим диапазоном мощности)

2.2 Слишком малая разница давления между включением и выключением горелки

Регулирование мощности парового котла происходит, как известно, с помощью измеренного в котле давления пара. В случае если давление пара P (горелка вкл.) ниже нормы, происходит увеличение мощности горелки, в случае если давление выше нормы P (горелка выкл.) происходит отключение горелки. Слишком малый выставленный распор между P (горелка вкл.) и P (горелка выкл.) имеет следующие

последствия:

- Частое включение и выключение из-за высокой амплитуды давления и как следствие к описанному термоциклированию, описанному в пункте 2.1 и его негативным последствием.
- В принудительном порядке "точно" установленные параметры регулирования мощности, чтобы держать заданную величину в узком диапазоне регулировки. Результатом является наряду с высоким износом исполнительных элементов горелки досрочный износ материала обогреваемых перегоронок (смотри также 2.3)

Опыт показал, что с выставлением распора от 10 до 15 % между P (горелка вкл.) и P (горелка выкл.) (в зависимости от регулятора горелки и рабочего давления котла) по отношению к предохранительному давлению котла, данные проблемы будут надёжным образом устранены.

2.3 Слишком „быстро“ установленный регулятор мощности

Современные менеджеры обогрева имеют возможность попеременно вводить время позиционирования горелки, это значит продолжительность хода между малой нагрузкой горелки и большой нагрузкой. Одновременно через параметры регулирования мощности можно влиять на скорость реакции горелки на отклонения заданных значений. Котлы с большим объёмом воды с их высокой долей материала и большим содержанием воды - являются сравнительно инертно реагирующей системой. Слишком „быстро“ установленный регулятор мощности, возможно, в соединении с очень коротко установленным временем позиционирования горелки, ведут к быстро растущему генерированию тепла в жаровой трубе. За транспортировку этого сгенерированного тепла отвечают на верхней стороне прежде всего, образующиеся и в паровое пространство поднимающиеся паровые пузыри (рисунок 4). Однако, это образование паровых пузырей происходит слегка смещённым во времени. Последствиями являются кратковременные,

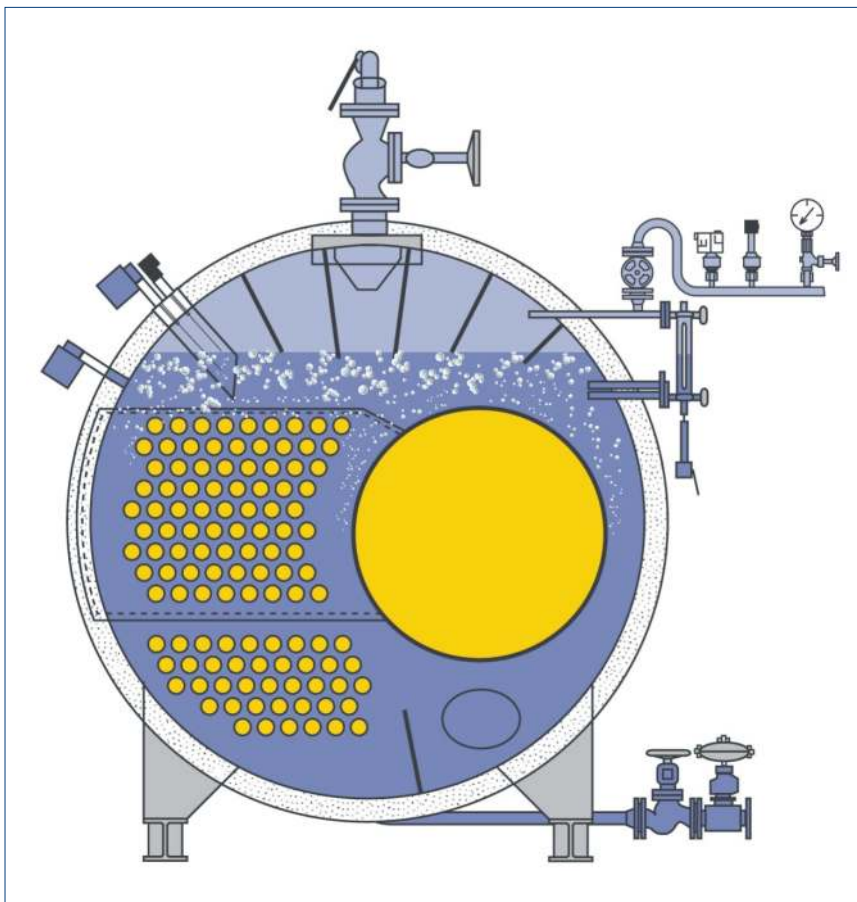


Рисунок 4: Схематическое изображение транспортировки тепла в сильно нагруженных поверхностях нагрева в результате образования паровых пузырей

местные перегревы и дополнительные термо-циклирования, которые долгосрочно ускоряют износ материала в области обогреваемых перегородок котла.

Ввод в эксплуатацию с установкой топок и регулировочных характеристик обученным персоналом настоятельно рекомендуется.

2.4 Отсутствие программы последовательного управления для многокотельных установок

Если многокотельные установки не оборудованы автоматическим последовательным управлением, то большое значение имеет обслуживающий персонал. Он должен выключать котёл, если потребление производительности от эксплуатации нескольких котлов больше не оправдывает себя. Если это не происходит, то последствия, в качестве примера, представлены в диаграмме 1. Регистрация показывает, что в течение всего периода времени необходимый расход пара (синий) мог быть покрыт одним котлом 1 (красный, производительностью 10 т/ч). Частое подключение котла 2 (зелёный) с уже в 2.1 упомянутыми термоциклированиями является таким образом

абсолютно излишним.

Далее выявляется взаимное влияние обоих котлов. В то время как котёл 1 сокращает (красный) свою производительность, повышает котёл 2 (зелёный) производство пара и наоборот, это значит, что котлы работают "друг против друга" и попеременно отталкивают друг дружку. Беспрепятственная транспортировка тепла от поверхностей нагрева не может больше гарантироваться.

Поэтому программа последовательного управления рекомендуется для котельных установок уже с двумя парогенераторами и настоятельно необходима при трёх или больше котлах в котельном помещении.

Какой вид последовательного управления (зависимое от количества или от давления подключение и отключение котлов) будет применён, с одной стороны зависит от количества котлов и с другой стороны от того, какие колебания давления может испытывать потребительская сторона. При помощи последовательного управления зависимого от количества пара реализуемый диапазон колебания давления может поддерживаться

значительно ниже.

Также нужно обращать внимание:

- Парогенераторы в многокотельных установках должны быть гидравлически разъединены друг от друга, что препятствует взаимному влиянию (например, посредством обратной арматуры)
- Уже при планировании нужно учитывать, что последующие котлы снабжаются нагревающим дном змеевиком, чтобы избежать температурные наслаения котельной воды во время фазы поддержания тёплого состояния. Сммотри к тому же также пункт 3.2.

3. Влияния потребительской стороны

3.1 Частый запуск из холодного состояния

Запуск из холодного состояния представляет самую большую механическую нагрузку для корпуса котла. (Смотри "Холодный запуск котлов с большим объёмом воды") Причина - это большая температурная разница между жаровой

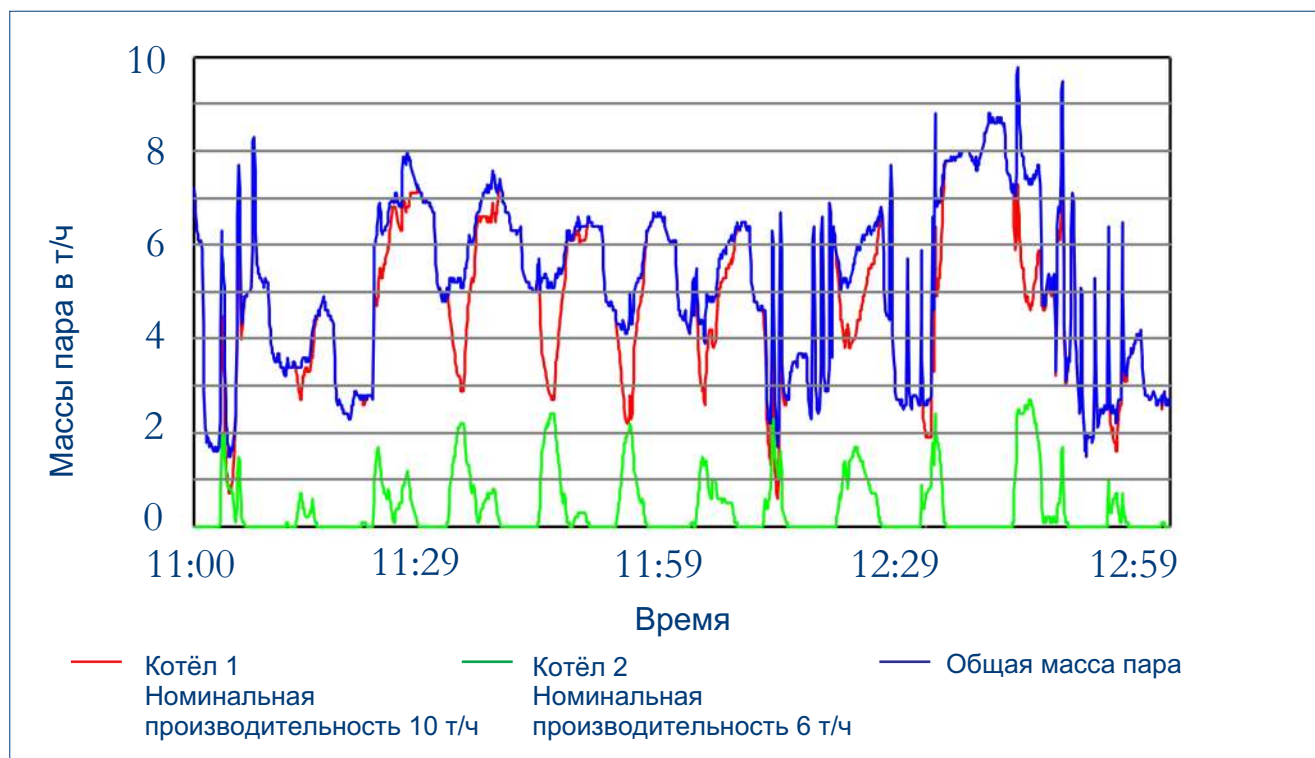


Диаграмма 1: Регистрация паропроизводительности в котельной установке с 2 парогенераторами без программы

трубой и обшивкой котла при холодном запуске, по сравнению с нормальной эксплуатацией при рабочей температуре. Сдвиг жаровой трубы (разница между изменением длины обшивки котла и жаровой трубы) в процессе запуска процесса запуска выше и вместе с этим ведёт к значительным дополнительным напряжениям, которые должен выдерживать корпус котла. Эта нагрузка ещё более усиливается, если во время процедуры запуска невозможно никакое или возможно только очень незначительное образование паровых пузырей, что случается, например, при закрытой арматуре отбора пара. Обычно существующая в паровом котле естественная циркуляция (рисунок 5) не начинает функционировать. Последствие - температурные наслоения в котле (внизу холодно, наверху горячо) с дополнительными тепловыми напряжениями. При очень частых холодных запусках эти крайние переменные нагрузки могут

вести к надрывам материала, или в наихудшем случае к полной поломке.

Для сокращения пусковой нагрузки нужно обращать внимание:

- Запуск из холодного состояния и доведение до рабочей температуры по возможности с более малой нагрузкой горелки
- Во время процесса запуска должно незначительное количество пара постоянно иметь возможность стекать, чтобы запускать естественную циркуляцию вытеснением паровых пузырей
- Идеальным было бы оборудование с автоматической пусковой схемой, которая в зависимости от температуры воды и давления так регулирует режим работы горелки и снятие нагрузки, что нагрузки сокращаются до низкого уровня

3.2 Длительные периоды в режиме работы Stand-by

Во время режима работы сохранения тепла или Stand-by (например, в многокотельном режиме работы, если последующий котёл не нужен) перекрыта у этого котла какая-либо передача пара. В зависимости от программы управления для этого либо закрывается арматура отбора пара, либо на последующий котёл подаётся более низкое давление, чем господствующее сетевое давление. Топки переключают в этом режиме работы только лишь единично, чтобы выравнять потери от отдачи и излучения тепла. Если это состояние поддерживается в течение более долгого периода (> 3 дней), то в котле начинает устанавливаться температурное наслоение. Если таким образом сохранённые в горячем состоянии котлы будут снова переключены в нормальный режим работы, симулирует высокое рабочее давление (горячая верхняя область) сразу имеющийся в распоряжении котёл. Тогда котельное управление при соответствующей необходимости в очень короткое время подает на него высокую нагрузку горелки. Тогда появляются, обусловленные температурными наслоениями в котле, как уже описывалось в 3.1, крайние тепловые нагрузки по напряжению.

Помощь может быть создана вмонтированием на дне котла удерживающего в горячем состоянии нагревательного змеевика (рисунок 6). Паровое отопление этого нагревательного змеевика происходит снизу, вследствие чего удаётся надёжно избежать вредные температурные наслоения в котле. Чтобы этот вариант решения мог быть использован, тем не менее необходима многокотельная установка или надёжное обеспечение посторонним паром.

3.3 Колебания давления в результате сильных колебаний потребления

При сильных изменениях нагрузки, это значит высоких скоростях изменения нагрузки и вместе с тем сильных колебаниях давления, в котле могут образоваться неблагоприятные состояния потока. Для отвода тепла от поверхностей нагрева необходимое образование

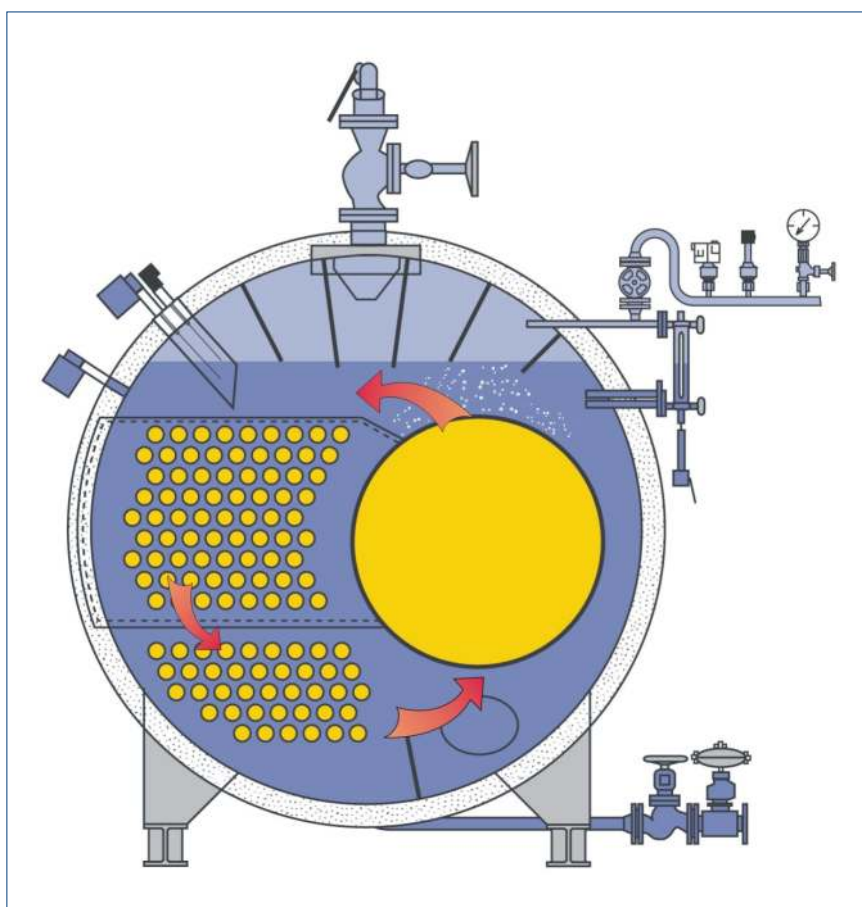


Рисунок 5: Схематическое изображение образующейся в пределах котла естественной циркуляции

паровых пузырей может застаиваться, или вести к связи многих маленьких пузырей в большие паровые пузыри, которые не сразу освобождаются от поверхностей нагрева и тем самым благоприятствуют местным перегревам. По этой причине для котельных установок, которые снабжают потребителей с крайне колеблющейся массой потребления, должны быть приняты особые меры, чтобы ограничить колебания давления в котле независимо от потребительской стороны. Это может быть достигнуто, например, посредством:

- Более высокая защита котла со стороны давления и вовлечение редуцирующей установки между котлом и потребителем
- Вовлечение паросборника для пиков нагрузки
- Подключённое к котлу устройство удерживания давления с отрегулированным пароотборным клапаном, чтобы защитить котёл

от слишком сильного падения давления

4. Резюме

Упомянутые предотвратимые причины котельных нагрузок указывают на то, что речь здесь идёт о комплексной тематике. Она простирается от планирования через исполнение и установку до эксплуатации установок. Заключение обсуждение всех релевантных проблем в этих рамках не возможно.

По причине предметной сложности паровых котельных установок необходимо непременно обратить внимание на следующие пункты:

- Планирование паровых котельных установок должно проводиться только квалифицированными и опытными специализированными фирмами, так как большинство возможных источников ошибок

можно избежать уже в преддверии

- Качество применённых котлов, горелок и компонентов котельных установок играет решающую роль в безупречной и безотказной эксплуатации установки
- Правильная инсталляция установки требует компетентного производителя комплектного промышленного оборудования со знанием о согласованности различных компонентов котельного помещения
- Способ эксплуатации и обслуживание обслуживающим персоналом имеют большое значение и отчётливо сказываются на долговечности паровой котельной установки
- Значительным преимуществом всегда является договор с производителем котла о техническом обслуживании и телесервисе

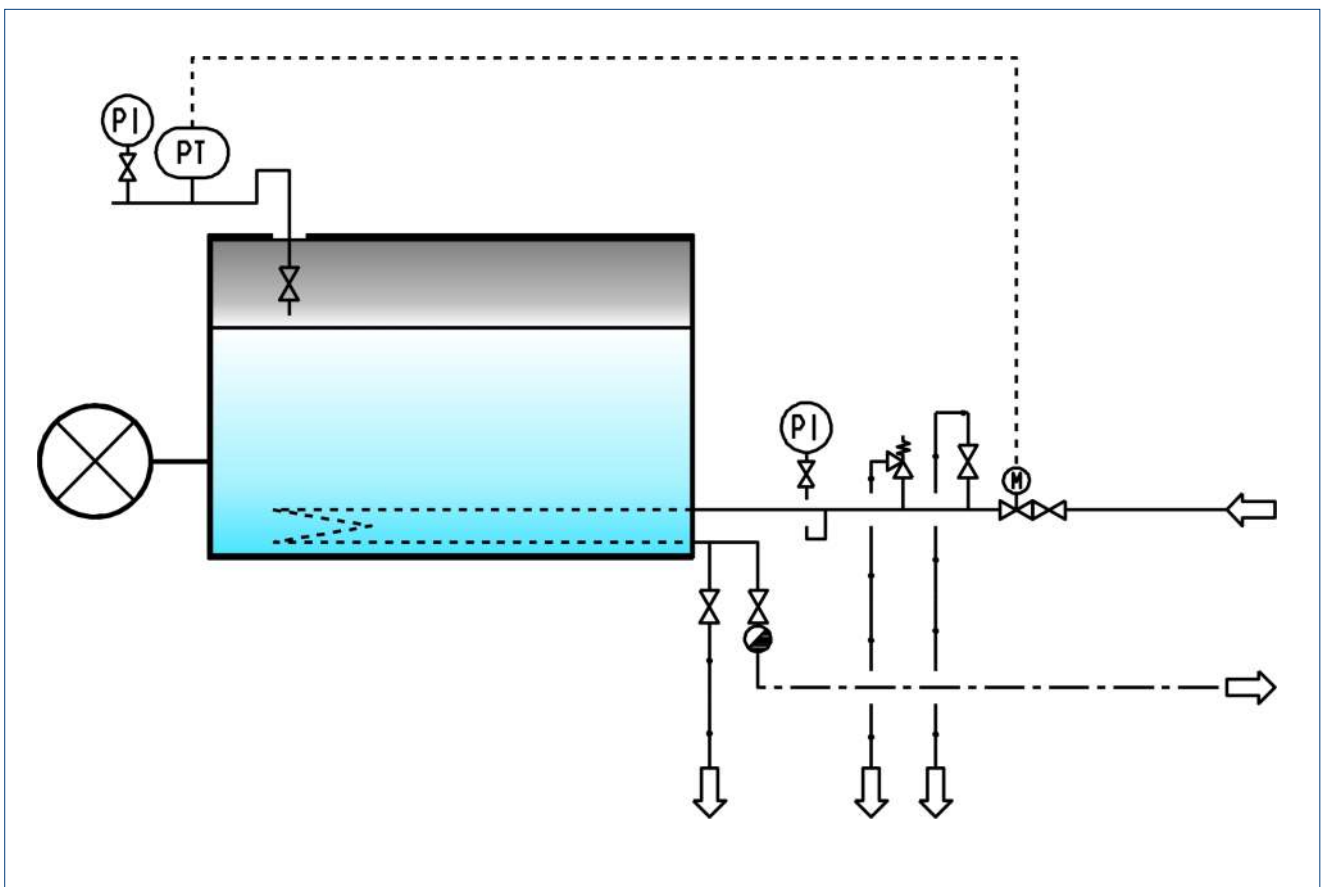


Рисунок 6: Схематическое изображение отрегулированного наземного нагревательного змеевика