

УДК 62-69:536.7

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ И ПЛАВУЧИХ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Шураев Олег Петрович¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: solwrk@inbox.ru

Липатов Игорь Викторович¹, профессор, доктор технических наук

e-mail: ilipatov45@gmail.com

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Рассмотрен вариант дооснащения системы отопления с естественной циркуляцией воды, позволяющий при сохранении исходной функциональности обеспечить быстрый прогрев отопительного контура. Выполнено моделирование предложенного варианта в CFD-пакете. По результатам моделирования рассмотренный вариант реализован в системе отопления.

Ключевые слова: система отопления, естественная циркуляция, CFD вычисления.

HEATING SYSTEM MODERNIZATION OF STATIONARY AND FLOATING WATER TRANSPORT OBJECTS

Shurayev Oleg Petrovich¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: solwrk@inbox.ru

Lipatov Igor Viktorovich¹, Professor, Doctor of Technical Science

e-mail: ilipatov45@gmail.com

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. A variant of retrofitting a heating system with natural water circulation is considered, which allows, while maintaining the original functionality, to ensure rapid heating of the heating circuit. The simulation of the proposed variant in the CFD package is performed. According to the simulation results, the considered option is implemented in the heating system.

Keywords: heating system, natural circulation, CFD calculations.

Введение

Система децентрализованного теплоснабжения здания или плавучего сооружения (дебаркадера, хаус-бота и т.п.) представляет собой комплекс различного инженерного оборудования. Функционально общую схему теплоснабжения можно разделить на две подсистемы: подсистему генерации теплоты (состоящую, как правило, из одного или нескольких водогрейных котлов) и подсистему, обеспечивающую передачу теплоты потребителям.

Обе подсистемы между собой тесно связаны и обеспечение нормальной работы котла в значительной мере зависит от правильной организации движения теплоносителя как в самом котле, так и в подсистеме передачи теплоты.

Чаще всего для переноса теплоты используется система принудительной циркуляции, которая предусматривает установку одного или нескольких циркуляционных насосов, обеспечивающих перемещение нагретой жидкости от котла к потребителям теплоты и охлажденной жидкости от потребителей обратно к котлу.

Другим вариантом является система с естественной циркуляцией, где нагретая жидкость за счет разности плотностей поднимается в верхнюю часть циркуляционного контура, а охлажденная опускается вниз. Легко заметить, что в данной системе отсутствует насос, то есть такая система может функционировать без электропитания, т.е. автономно. Хотя система с естественной циркуляцией имеет еще ряд достоинств [1, 2], автономность работы можно считать ее основным преимуществом. На этом достоинства заканчиваются, и начинаются недостатки.

Основной заключается в том, что такая система очень чувствительна к уклону труб. Если уклон нарушен, то происходит «оборачивание» циркуляции. Вода в котле нагревается до закипания, пар выходит в верхний патрубок, увлекая с собой некоторую порцию воды. Но далее пар поступает в расширительный бак, в котором начинается барботирование, а незначительная порция горячей воды поступает в систему отопления. Так продолжается некоторое время, но наступает момент кризиса кипения. Теплоотдача от стенок котла к кипящей воде уменьшается, давление в котле падает и в него устремляется вода как из питательного трубопровода, так и нагретая вода из расширительного бака, которая, используя высоту столба жидкости, передавливает поступление питательной воды, и нагретая вода движется вспять по питательному трубопроводу. Внешним проявлением «оборачивания» является большая температура в обратной трубе, чем в греющей (рисунок 1).

Требуемый уклон труб может быть легко нарушен в деревянном доме из-за подвижности фундамента и/или стен, а в условиях дебаркадера или хаус-бота вследствие крена и/или дифферента.

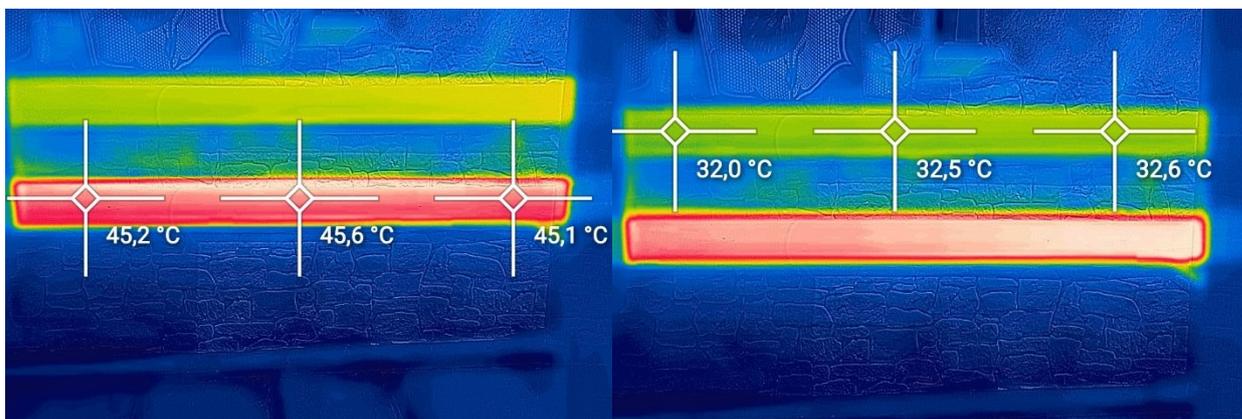


Рисунок 1 – Тепловизионная съемка трубопроводов. Прямой греющий (на рисунке он сверху) трубопровод имеет меньшую температуру по сравнению с обратным (внизу)

В системах принудительной циркуляции насосы зависят от электропитания, которое может быть нестабильным. Чтобы при отключении электропитания не произошёл перегрев котла, способный вывести оборудование из строя или даже привести к разгерметизации, котлы снабжают аварийными системами.

Прежде всего, это уменьшение подачи топлива. Однако срабатывание такой защиты фактически приводит к отказу всей системы теплоснабжения, поэтому режим работы котла с ограниченной топливоподачей допустим лишь кратковременно.

Хорошим вариантом будет установка источника бесперебойного питания или генератора, которые в случае отключения основного электроснабжения будут питать циркуляционные насосы. Такой вариант существенно повышает надежность теплоснабжения, но требует дополнительных затрат, занимает дополнительные площади и предъявляет ряд требований по автоматизации перехода на резервное питание и обратно.

Третьим вариантом является организация двух независимых контуров теплоснабжения, один из которых работает за счет естественной конвекции. Этот контур может работать постоянно, совместно с контуром принудительной циркуляции, а может служить в качестве аварийного, включающегося только на время отсутствия электропитания. Недостатками такой системы являются ее конструкционное усложнение, дублирование оборудования и наличие процедур перехода на аварийный режим и обратно.

Рассмотрение указанных вариантов позволило сформулировать задачу и найти приемлемое техническое решение для следующего случая.

Постановка задачи

В частном случае рассматривается система отопления с естественной циркуляцией (рисунок 2, а). Прямой (греющий) и обратный трубопроводы представляют собой трубу DN65, а соединяющий их патрубок имеет диаметр DN40. Вследствие подвижности фундамента и стен уклон труб не стабилен в течение года и часто наблюдается «оборачивание циркуляции» (см. рисунок 1). Выходом из такой ситуации могла бы стать установка циркуляционного насоса, но при этом желательно сохранить основное положительное качество исходной системы отопления – независимость от электроснабжения. Установка циркуляционного насоса непосредственно у котла, параллельно питающему трубопроводу и невозвратного клапана в нем [3] (рисунок 2, б) – не лучшее решение. Клапан является дополнительным гидравлическим сопротивлением, причем установленным в контуре, где стремятся минимизировать суммарное гидравлическое сопротивление. Да и в стесненных условиях котельной разводка труб и монтаж насоса весьма затруднительны. Установка насоса возможна в точке, наиболее удаленной от котла (рисунок 2, в), но в этом случае патрубок, соединяющий прямой и обратный трубопроводы, превращается в гидравлическую стрелку [4], причем в самом неудачном ее исполнении. Поток, создаваемый насосом, образует свой циркуляционный контур, в лучшем случае не влияющий на движение воды через котел, а в худшем - запирающий движение в прямом и обратном трубопроводах. Таким образом, можно сформулировать техническое противоречие: насос, должен быть установлен в дальней точке трубопроводной системы, но не должен приводить к образованию встречного течения в патрубке, соединяющем прямой и обратный трубопроводы.



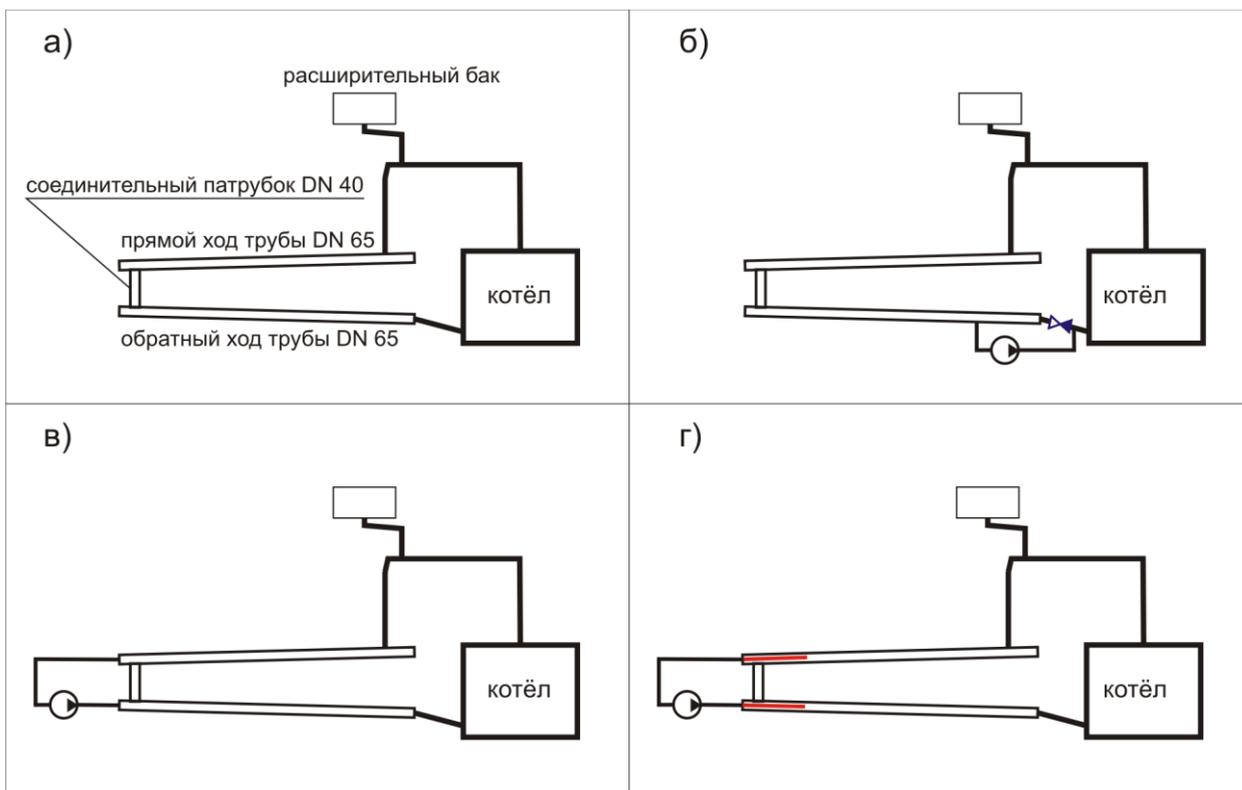


Рисунок 2 – Схема системы отопления: а) исходная, б) вариант модернизации с установкой насоса и невозвратного клапана у котла, в) установка насоса в дальний конец системы отопления, г) насос в конце трубопроводов с выводом патрубков входа-выхода в трубы системы отопления

Принятый вариант модернизации

Так как прямой и обратный трубопроводы для снижения гидравлического сопротивления имеют достаточно большой диаметр (в рассматриваемом случае труба DN65), то всасывающий и напорный трубопроводы насоса нужно ввести в прямой и обратный трубопроводы на достаточно большое расстояние от соединительного патрубка (рисунок 2, г). В этом случае насос будет обеспечивать принудительную циркуляцию воды через котел, а при отключении насоса сохраняется возможность естественной циркуляции. Таким образом можно сформулировать технический аспект этой задачи: на какое расстояние всасывающий и напорный трубопроводы насоса должны входить в прямой и обратный трубопроводы котла.

Определить необходимое расстояние можно экспериментально, путем моделирования движения жидкости в CFD-пакете. Поскольку определение необходимого расстояния требует ряда опытов, видоизменим задачу, и рассмотрим частный случай. Определим направление движения в соединительном патрубке при введении всасывающего и напорного трубопроводов на 200 мм в прямой и обратный трубопроводы соответственно (рисунок 3).

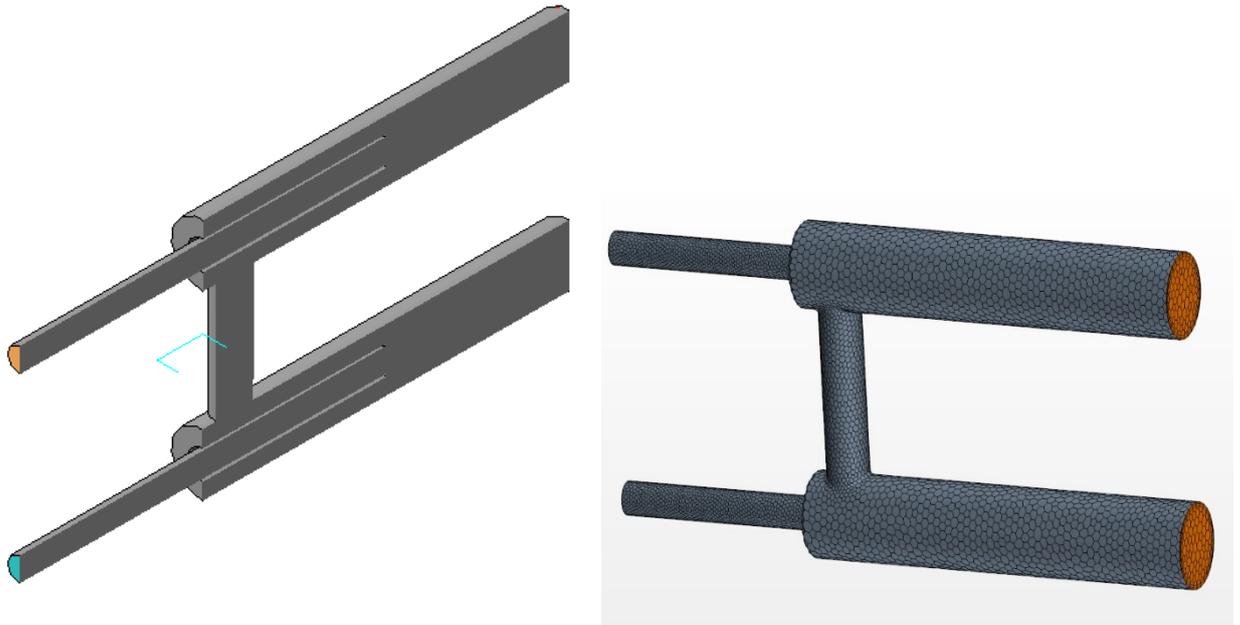


Рисунок 3 – 3D модель и конечно-объемная сетка

Поскольку изменение температуры в пределах рассматриваемого участка минимально, задачу рассмотрим в изотермической постановке. Это позволит уменьшить объем, и, соответственно, продолжительность вычислений. Работу насоса имитируем заданием скорости 0.5 м/с : во всасывающем трубопроводе из расчетной области, в напорном – в расчетную область. Подпор со стороны котла, вызванный естественной конвекцией, смоделируем перепадом давления $+70 \text{ Па}$ в прямом трубопроводе по сравнению с обратным. Жидкость вязкая, несжимаемая, стандартная $k-\epsilon$ модель турбулентности.

Поле скоростей, полученное в ходе моделирования показано на рисунке 4. Движение во всасывающем и напорном трубопроводе моделируется корректно: в трубопроводах формируется пограничный слой и ядро потока, имеющее скорость несколько выше заданной.

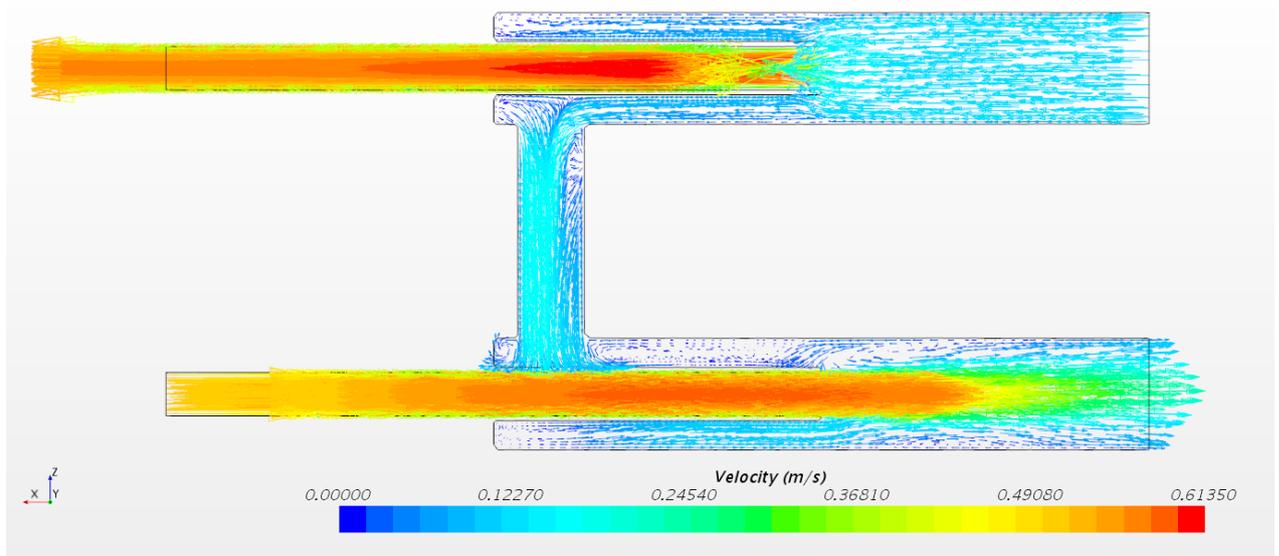


Рисунок 4 – Поле скоростей на обратном участке

Во всасывающий трубопровод поступает часть потока из прямого хода трубопровода, а другая его часть поступает в межтрубное пространство и далее в соединительный патрубок. На входе из напорного трубопровода формируется «факел», расширяющийся до диаметра обратного трубопровода и обеспечивающий циркуляцию воды через котел. За счет эжекционного эффекта в межтрубной области перед «факелом» создается попутное течение, которое и формирует движение сверху вниз в соединительном патрубке. Таким образом, при рассматриваемой длине ввода всасывающего и напорного трубопроводов в соединительном патрубке направление движения воды соответствует направлению естественной циркуляции и усиливает ее. То есть цель модернизации системы отопления можно считать достигнутой.

Опытная эксплуатация подтвердила работоспособность рассматриваемого варианта. При включенном насосе помещение прогревается значительно быстрее, что можно рассматривать как дополнительный плюс такого решения.

Выводы

Установка насоса в дальнем конце автономной системы отопления возможна при введении всасывающего и напорного трубопроводов в прямой и обратный циркуляционный трубопровод. При этом работа насоса обеспечивает циркуляцию воды через котел, косвенно об этом свидетельствует направление движения в соединительном патрубке, установленное по результатам моделирования.

При отключении насоса условия для естественной конвекции сохраняются, то есть рассматриваемый вариант модернизации системы отопления не отменяет, а усиливает имеющуюся функциональность системы.

Список литературы:

1. Дмитриевская, Т.Ю. Система отопления на основе естественной циркуляции теплоносителя / Т.Ю. Дмитриевская // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2010. – № 1(97). – С. 32 – 41. – EDN RHWGST.
2. Глушко, Г.В. Новая система отопления под естественную циркуляцию / Г.В. Глушко // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2010. – № 10(106). – С. 58 – 59. – EDN RHWVWJ.
3. Поляков, В.И. Мифы "гравитационки" / В. И. Поляков // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2013. – № 5(137). – С. 44 – 47. – EDN RIWNEZ.
4. Шевалдин, А.В. Гидравлический разделитель / А.В. Шевалдин, К.В. Осинцев // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 343 – 358. – EDN RZWMTT.

