



Во всем виноваты теплообменники! Или нет?

В. Г. Барон, канд. техн. наук, профессор, директор ООО «Теплообмен» (Севастополь)

Ключевые слова: теплообменный аппарат, теплоэнергетика, отопление, система горячего водоснабжения

В предыдущих номерах журнала был рассмотрен ряд наиболее часто встречающихся ошибок, допускаемых проектантами, монтажниками и эксплуатационниками применительно к теплообменным аппаратам. В настоящей публикации описаны экзотичные, порой казусные ситуации, которые первоначально не предполагались к рассмотрению в т. ч. и потому, что большинство из них имели место достаточно давно. Однако, поскольку они все же были, а значит, могут повториться, целесообразно рассмотреть и эти случаи.

1. Начать хочется с действительно казусной ситуации, когда, по мнению слесарей, обслуживающих котельную, водо-водяной теплообменник стал по совместительству и генератором электроэнергии. Произошло это примерно 10 лет назад в одном из вновь возведенных подмосковных поселков, где в составе построенной котельной был применен кожухотрубный теплообменный аппарат. Вскоре после его монтажа поступил вызов специалиста для составления рекламационного акта в связи с тем, что теплообменник не обеспечивал герметичное разделение полостей – среда системы отопления попадала в котел. Чтобы осуществить предварительный визуальный анализ возможной причины нарушения плотности, требовалось провести демонтаж теплообменника. Однако слесарь отказался это делать, мотивируя тем, что теплообменник вырабатывает электроэнергию

и при прикосновении бьет током. Проверка показала, что на корпусе теплообменника действительно имеется столь значительный наведенный потенциал, что прикосновение к корпусу аппарата вызывает ощущение слабого удара током. Причина разрушения стенок теплопередающих трубок была установлена, и осталось только сожалеть, что для выявления столь очевидной причины сотруднику предприятия-изготовителя пришлось проделать путь в несколько тысяч километров.

2. К столь же экзотическим относится случай, когда из-за якобы невыполнения теплообменником возложенных на него функций удалось выявить 10-кратную ошибку в учете расхода тепловой энергии.

На крупном предприятии в Белоруссии в ходе работ по модернизации одного из цехов было решено с целью энергосбережения и более

корректного внутризаводского учета расхода тепловой энергии перевести цех на независимую схему отопления, для чего был подобран и установлен теплообменный аппарат. Через некоторое время заказчик уведомил, что аппарат имеет многократно более высокое сопротивление, чем записано в его паспорте, и к тому же не обеспечивает заданный нагрев воды. Основываясь такой вывод на визуально считываемых показаниях расходомера и тоже визуально считываемых показаниях температур с термометров входа/выхода нагреваемой воды. Если бы было сообщено, что сопротивление теплообменника больше расчетного на десятки процентов, а тепловые характеристики хуже на единицы процентов, то поиск причин несоответствия мог пойти по ложному пути с непредсказуемыми выводами. Но несоответствие тепловых характеристик на десятки процентов при многократном отличии фактического сопротивления от расчетного сразу заставило предположить ошибку в считывании фактических параметров. Однако из Белоруссии сообщили, что считываемые параметры (расход и температуры) ложатся в основу хоть и внутризаводского, но коммерческого учета и потому ошибка исключена. Все же небывалое несоответствие расчетных и фактических параметров заставило нас попросить заменить термометры на новые и убедиться, что картина остается принципиально прежней. После подтверждения того, что замена термометров не привела к изменению ситуации, нами было высказана просьба сфотографировать циферблат расходомера и предоставить фотографию. Изучение изображения позволило выявить причину – специалисты, считывающие показания расхода, неправильно учитывали нанесенные на циферблат расходомера значения множителей к числам оборотов стрелки, таким образом фиксируя расход тепловой энергии в 10 раз меньше фактического. После выявления этой ошибки вина с теплообменника была снята.

3. На одном из химических заводов было решено погасить «свечу» – так называли трубу, из которой в атмосферу сбрасывался выпар, содержащий химически агрессивные частицы (краска на автомобилях, стоящих на автостоянке, расположенной недалеко от «свечи», разрушалась и покрывалась пятнышками). Для этой процедуры требовалось исключить выброс выпара, т. е. сконденсировать его в теплообменнике. Такой аппарат был спроектирован исходя из поступивших данных о параметрах выпара и изготовлен. Однако после его установки «свеча» продолжала выбрасывать.

Пришлось представителю предприятия-изготовителя выезжать на объект. При анализе показаний приборов (температура и давление выпара) оказалось, что температура соответствует указанной в задании на проектирование и находится вблизи $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, а давление не соответствует, т. к. в задании на проектирование было указано давление 1 кгс/см^2 , а на объекте стрелка манометра колебалась в районе 0 кгс/см^2 , постоянно отклоняясь в отрицательную область. В этом случае причиной резкого снижения эффективности конденсации выпара являлся подсос неконденсирующихся газов (воздуха). Решение в данном случае удалось найти – в тракте «свечи» была немного поджата заслонка, что немного повысило давление выпара в корпусе теплообменника. Этого оказалось достаточно для вытеснения воздуха из корпуса теплообменника и резкого повышения эффективности его работы. «Свеча» была погашена.

Когда представителям заказчика сообщили о причине проблемы, они ответили, что, указав давление 1 кгс/см^2 , имели в виду абсолютное давление. Однако в инженерных расчетах давление, задаваемое размерностью «кгс/см²», подразумевает не абсолютное, а избыточное давление, и именно такая размерность нанесена на циферблаты манометров. Особенно часто такая трактовка давления, указанного в размерности «кгс/см²», встречается, когда параметры указывают не теплоэнергетики, а специалисты, работающие с физическими или химическими процессами. Поэтому, когда для расчета теплообменника задают давления вблизи 1 кгс/см^2 , особенно при работе с паром, лучше уточнить – имеется в виду абсолютное или избыточное давление.

4. На деревообрабатывающем предприятии в Белоруссии была спроектирована система подогрева воды паром, поступающим с температурой свыше $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, в которой был применен серийный теплообменный аппарат нашей компании. К сожалению, через короткий промежуток времени после его запуска в работу через разъемное уплотнение в помещение стал пробиваться пар. Было высказано предположение, что для уплотняющих прокладок использовалась бракованная резина, и были изготовлены прокладки из резины другой партии. Однако ситуация повторилась, что не находило объяснения, т. к. на многих других объектах при таких же параметрах пара такие же теплообменники работали безупречно. Но коль скоро резиновые прокладки в данном случае не выдерживали эксплуатационных условий, было

принято решение использовать графитовые прокладки. Увы, это тоже не помогло, и, чтобы радикально решить проблему, был изготовлен теплообменник без применения прокладок, в котором проблемное место было выполнено сварным. К большому удивлению, мы вновь получили уведомление о той же проблеме. Пришлось доставлять теплообменник из Белоруссии для его освидетельствования, в ходе которого было обнаружено, что в месте сварки металл (нержавеющая сталь) был деформирован и просто порван. Объяснить это можно было только значительными усилиями, растягивающими корпус относительно трубного пучка. Измерение величины деформации металла, т. е. линейного перемещения корпуса относительно трубного пучка, позволило теоретически определить длину прямолинейного участка паропровода, не имеющего компенсаторов, перед присоединением к патрубку теплообменника. Обследование на предприятии места монтажа теплообменника подтвердило с высокой точностью (до метра) правильность теоретического определения длины вышеуказанного прямолинейного участка трубопровода.

Вот так очевидная ошибка проектанта не позволяла длительное время нормально функционировать небольшому деревообрабатывающему предприятию и привела к значительным и необоснованным финансовым потерям предприятия, изготовившего теплообменник, т. к. пока специалисты предприятия-изготовителя не выполнили чужую работу и не выявили настоящую причину проблемы, таковой однозначно определялся теплообменник, в котором явным образом не обеспечивалась герметизация.

5. Еще одна командировка в Белоруссию была вызвана необходимостью найти причину, почему два параллельно установленных по обеим средам пароводяных теплообменника не обеспечивают заданного нагрева воды в системе отопления, при том что входные параметры обеих сред соответствовали расчетным.

Прибывшему специалисту была предоставлена возможность ознакомиться с входными параметрами (расходы и температуры обеих сред) и с температурой воды на выходе. Все параметры, кроме выходной температуры нагреваемой воды, согласно показаниям электронных средств измерения, соответствовали исходным данным. Приглашающая сторона пребывала в полной уверенности, что проблема в теплообменниках.

Возможность проверить расходы, фиксируемые имеющимися электронными средствами измерения, отсутствовала, но температуры пара и воды как на входе, так и на выходе можно было проверить по обычным термометрам. Данные совпали с теми, что показывали электронные средства измерения. Действительно, фиксировался недогрев воды. Но при этом простой расчет теплового баланса давал существенное несовпадение – по паровому тракту отдавалось больше тепла, чем получала нагреваемая вода. Кроме того, присутствовали неравномерный стук термодинамического конденсатоотводчика и не просто дрожание, а периодические броски стрелки манометра на конденсатной линии. В результате анализа ситуации появилось предположение о неправильной работе конденсатоотводчика, в результате чего имели место проскоки пара.

Было найдено еще одно, немного отдаленное от выходного патрубка теплообменника, место для измерения температуры конденсата, что позволило продемонстрировать сотрудникам котельной на первый взгляд неожиданную картину – температура конденсата спустя примерно 5 м после конденсатного патрубка теплообменника была выше, чем сразу за патрубком. Пришлось объяснять, что использованный в конструкции явно выдавший виды конденсатоотводчик не перекрывает полностью и своевременно проточную часть, благодаря чему появляется пролетный пар – часть пара из паровой полости аппарата выходит в конденсатопровод, не отдав нагреваемой воде при конденсации свою тепловую энергию, а конденсируется уже при дальнейшем движении по конденсатопроводу, нагревая конденсат. Кстати, использование при повторном расчете теплового баланса температуры конденсата, измеренной на отдалении примерно в 5 м от патрубка теплообменника, дало удовлетворительную сходимость.

6. Завершить перечень необоснованных обвинений теплообменников хочется описанием давно произошедшего полукриминального случая (бедные теплообменники – и тут они оказались крайними).

Дело было в одном из небольших шахтерских городов Донбасса в конце 90-х годов. А проблема состояла в том, что существовавшие в городе на тот момент централизованное отопление и ГВС практически не функционировали. Встал вопрос о восстановлении систем. Проект выполняла компания, уже имевшая к тому времени положительный

опыт применения теплообменников нашей фирмы. Как обычно, они прислали опросные листы для подбора теплообменников, согласно которым мы и предложили свои аппараты. Спустя некоторое время теплообменники были отправлены, а ближе к концу ноября нам сообщили, что пока не могут выйти на расчетные параметры. В ходе разговора были обсуждены возможные причины и намечены мероприятия для устранения неполадок, если таковые имелись. Примерно через месяц нашему представителю все-таки пришлось выехать на место.

В котельной, где были смонтированы два комплекта теплообменников (100 %-ное резервирование) – по четыре параллельно установленных аппарата в каждом комплекте – уже была собрана комиссия из представителей проектной организации, генподрядной и субподрядной монтажных организаций и начальника котельной. Специалисту нашей компании был представлен уже подписанный остальными членами комиссии акт, из которого следовало, что в возникших проблемах виноваты теплообменники. Было высказано предположение, что при данных параметрах необходимы не четыре, а пять аппаратов. Учитывая, что наши представители не подписывают бумаги, не вникнув в суть проблемы, а дело происходило 30 декабря, пришлось срочно заняться анализом фактических параметров. Опуская детали процесса (в то время о всеобщей автоматизации и массовом применении электронных средств измерения в котельных в небольших городах еще даже не мечтали), отметим, что удалось выявить несоответствие температуры греющей воды, поступающей в теплообменник, тому значению, которое было задано на подбор теплообменника и предусмотрено в проекте. Когда персонал котельной убедили поднять температуру воды на выходе из котла до указанной в исходных данных, находящийся в работе комплект теплообменников выдал требуемые параметры. Это вызвало радость представителей проектной и генподрядной монтажной организаций, но было встречено без энтузиазма представителем субподрядной монтажной организации. Конечно, был подготовлен новый акт, а представитель нашей организации попросил дать ему возможность еще раз вернуться на уровень верхней площадки котельной, где рядом с ревущими воздуходувками были смонтированы наши теплообменники, – очень не верилось, что эти теплообменники едва-едва обеспечили прописанные параметры,

в то время как отлаженная в ходе обширных натурных экспериментов математическая модель теплообменников предполагала не менее чем 10 %-ный запас. И вот, невзирая на шум от работающих воздуходувок, специалист услышал странный свист, исходящий от одного из теплообменников (удалось даже предварительно определить место, откуда исходил звук, – входной патрубок по трубной полости). Простое ощупывание входящих и выходящих патрубков всех параллельно работающих теплообменников показало, что патрубки теплообменника, издающие свист, имеют очевидно другие температуры по сравнению с патрубками остальных трех аппаратов. Наш представитель настоял на том, чтобы этот комплект был выведен из работы, благодаря чему появилась возможность отстыковать патрубки интересующего аппарата от трубопроводов системы и подвергнуть визуальному осмотру входной патрубок. Увиденное изрядно удивило – в крышке аппарата, вплотную к трубной решетке, был прижат вырезанный по диаметру трубной решетки кусок паронита. Однако сделано это было небрежно – кусок паронита имел срез (видимо, вырезали с края паронитового листа и немного не рассчитали, а переделать поленились). В итоге получился свисток – конфигурация в точности как в простейших детских свистках. После этого была выполнена ревизия теплообменников второго комплекта, на который была переключена тепловая мощность на время разборки первого комплекта, несмотря на отсутствие посторонних звуков. Во втором комплекте картина повторилась, только прокладка была без изъянов (вырезали, видимо, из середины паронитового листа).

Понятно, что после ликвидации этих «усовершенствований» комплект теплообменников с запасом выдал необходимые параметры.

Как потом выяснилось, между генподрядной и субподрядной монтажными организациями возник финансовый конфликт, и непосредственно выполнявшие монтаж комплектов теплообменников сотрудники субподрядной организации решили таким образом отыгаться на генподрядчиках.

А ведь все могло закончиться для нашей компании совсем по-другому, если бы не стечение обстоятельств – к примеру, если бы слесаря субподрядной монтажной организации качественно выполнили порученное им «черное дело» или если бы к моменту приезда на объект нашего представителя в работе был другой комплект теплообменников.