

«Испарительные градирни в энергетике. Актуальные проблемы и возможные решения»

Думанский Н.Л. – представитель
ОАО «Хладици Веже Прага» в РФ и странах СНГ

Содержание

Вступление.

- 1. Описание существующей ситуации. Проблема, как она дана. (ПКД)**
- 2. Краткий анализ ситуации. Проблема, как она понята. (ПКП)**
- 3. Описание проделанной работы. Формирование и решение физических противоречий.**
- 4. Инвестиционная привлекательность**

Выводы.

Вступление.

Энергетика является основой для развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетики опережают темпы развития других отраслей.

С другой стороны, в книге профессора Е.В. Аметистова «Основы современной энергетики» автор замечает, что «... энергетика — один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. Она влияет на атмосферу (потребление кислорода, выбросы газов, влаги и твердых частиц), гидросферу (потребление воды, создание искусственных водохранилищ, сбросы загрязненных и нагретых вод, жидких отходов), биосферу (выбросы токсичных веществ) и на литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение ландшафта).

Автор пишет, что с середины 70-х годов прошлого века «... ни одна другая научная проблема не привлекает такого пристального внимания, как проблема настоящих, а в особенности предстоящих изменений климата...»

Более чем 60-летний опыт работы компании АО «Хладици Веже Прага», а также многолетний опыт её мировых конкурентов, производящих испарительные градирни различных исполнений, в том числе и башенные испарительные градирни производительностью до 170 000 м³/час показывает, что все эти компании принимают активное участие в процессе негативного воздействия на окружающую среду.

Поэтому, в данной работе, мною предпринята попытка изменить отношение к проблеме вредного воздействия выброса из испарительных градирен влаги и тепла в атмосферу.

1. Описание существующей ситуации. Проблема, как она дана.

В энергетике испарительные градирни применяются уже более 100 лет. Система охлаждения конденсатора паровой турбины (зачастую это испарительная градирня) является составляющим элементом парового цикла. (см рис. 1).

В мире были разработаны необходимые методики и стандарты для теплового расчета и проектирования испарительных градирен. Эти стандарты используются для проектирования современных энергоблоков, в том числе и ядерных. Целые поколения советских, а сегодня и российских теплотехников, энергетиков, инженеров тепловых и атомных станций воспитаны, и воспитываются в настоящее время, на использовании этих знаний.

В соответствии с этими стандартами, при производстве 1 (Одного) мегаватта электроэнергии на современной парогазовой установке (ПГУ) в атмосферу должно быть выброшено, в среднем, около 0,74 тонны дистиллированной воды. Точные цифры испарения воды нормируются проектировщиками и закладываются в Технические Задания заказчиков..

Читаем в одном из ныне популярных справочников: «... В состав ОАО «Мосэнерго» входят 15 электростанций установленной электрической мощностью 12,3 тыс. МВт и установленной тепловой мощностью 35,1 тыс. Гкал/ч...». Внушительные цифры.

Но в этом справочнике не пишут, что эта компания выбрасывает в городской воздух столицы, ежедневно, около 200 000 тонн воды. Причем, надо помнить, что эти 200 000 тонн воды имеют свою экономическую стоимость. То есть, можно отметить, что помимо экологического вреда ежедневно эта компания занимается выбрасыванием денег на ветер в прямом смысле этого слова. Таким «бизнесом» занимаются практически все тепловые и атомные электростанции, использующие испарительные градирни.

Такую статистику предпочитают не афишировать, и в справочниках не указывать. Но это **факт**, причем запланированный проектировщиками и четко исполняемый эксплуатирующими службами.

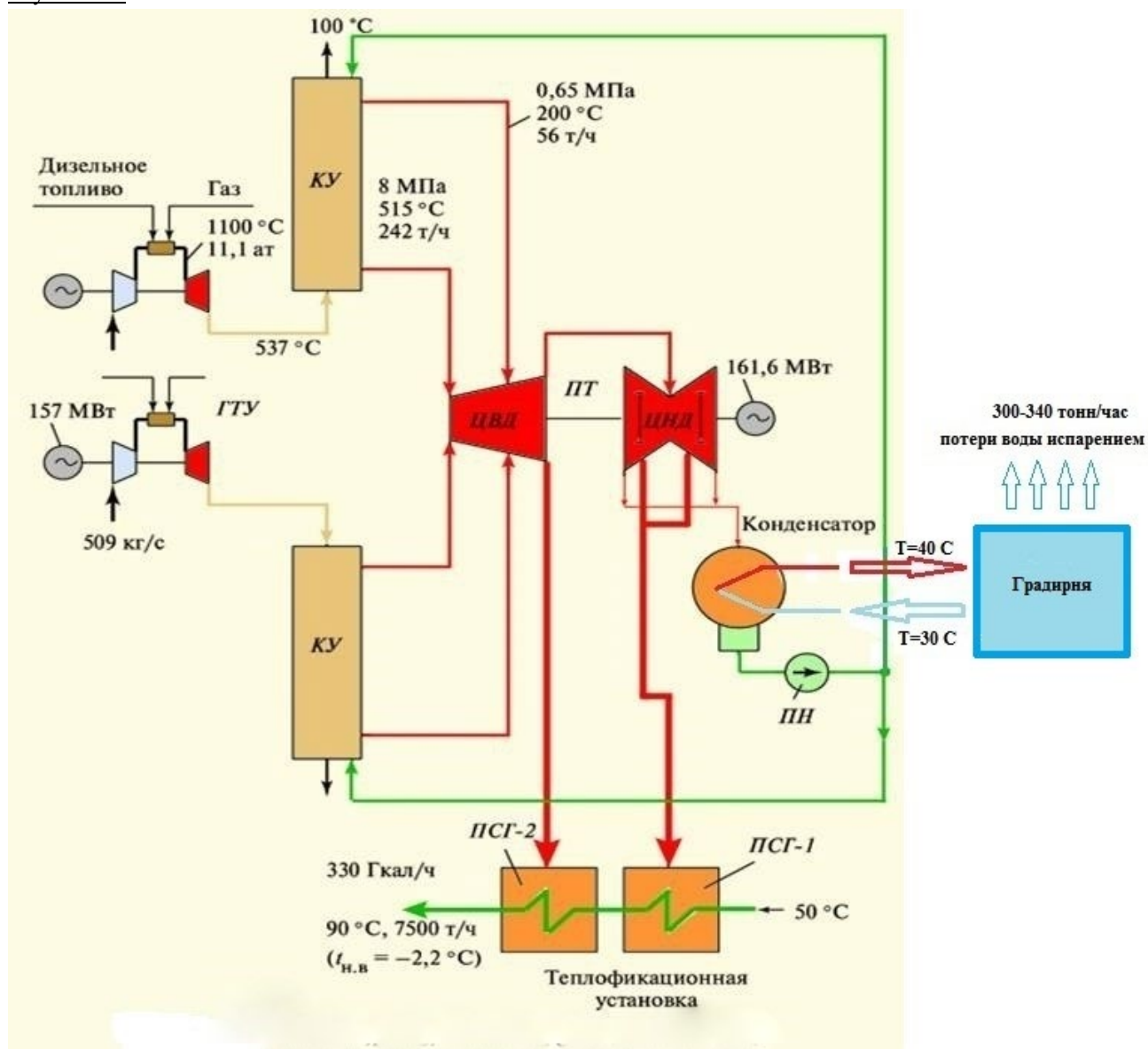


Рис.1. Структурная схема энергоблока ПГУ-450Т

Сегодня о проблеме выброса воды в атмосферу много говорят и пишут активисты различных общественных организаций по защите окружающей среды. Но, в инженерных кругах, к вопросу уменьшения испарения воды в испарительной градирне, большинство специалистов относится так же, как к критике основных законов физики.

Причина такой позиции одна: Количество испарившейся воды в испарительной градирне является функцией, пропорциональной значению эффективности охлаждения воды. Чем выше эффективность охлаждения, тем большее количество потерянной воды.

2. Краткий анализ ситуации. Проблема, как она Понята.

Испарительная градирня является самой недорогой, наиболее эффективной и надежной, в сравнении с другими известными системами охлаждения. Она имеет и недостатки, один из них – потеря воды от испарения и капельного уноса.

Разработчики и производители испарительных градирен борются в основном с капельным уносом испарительных градирен (и не безуспешно!), а с испарением не борются совсем. Оно просто нормируется и всё...

Сегодня только некоторые специалисты приступают к изучению этого вопроса. Ведь сломать стереотип мышления, который заложен каждому грамотному инженеру со студенческой скамьи довольно сложно...

Наша компания также предприняла попытки уменьшить влияние испарения вентиляторной градирни на окружающую среду. На рис.2 приведены несколько примеров таких решений.

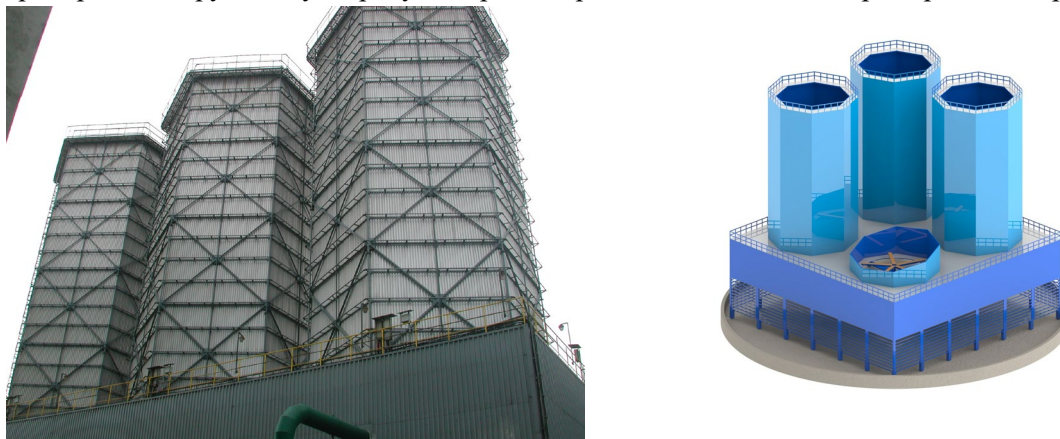


Рис.2. Варианты технических решений для устранения влияния испарения вентиляторной градирни на окружающую среду

Представленные технические решения приравнивают вентиляторную градирню к башенной градирне по воздействию на окружающую среду, но не устраняют само испарение воды из вентиляторной градирни.

После тщательного рассмотрения вопроса потери воды в испарительных градирнях мы были вынуждены сделать неутешительный вывод:

Технические решения для устранения воздействия испарения воды на окружающую среду от испарительной градирни на сегодняшний день не разработаны.

Следовательно, такое решение можно и нужно найти.

Таким образом, мы **формулируем задачу, которую необходимо решить:**

« Разработать техническое решение испарительной градирни, при котором исключена потеря (испарение и унос) воды из градирни в окружающую среду »

Не взирая, на очевидное противоречие в определении задачи мы приступили к ее решению.

3. Описание проделанной работы. Формирование и решение физических противоречий.

Для решения поставленной задачи была выбрана вентиляторная испарительная градирня, как наиболее часто применяемая в современной тепловой энергетике. В процессе решения поставленной задачи, были задействованы элементы ФСА и ТРИЗ.

Функциональная Модель вентиляторной испарительной градирни (в данной работе не приведена) наглядно выявила помимо главной и второстепенных, основных и вспомогательных функций системы, ряд вредных функций (создавать шум, создавать вибрацию, терять обратную воду, выбрасывать воду в атмосферу, нагревать атмосферу). Одна из вредных функций как раз «наша» - «Выбрасывать воду в атмосферу»

Системный подход в решении задачи, *заставил нас отстраниться* от привычного, предметного похода, в том числе, и к факту потери воды в испарительной градирне, и искать решение по устранению вредной функции в системе «Вентиляторная испарительная градирня» -

На рис. 3. представлена система «Вентиляторная испарительная градирня» в классическом ее исполнении.

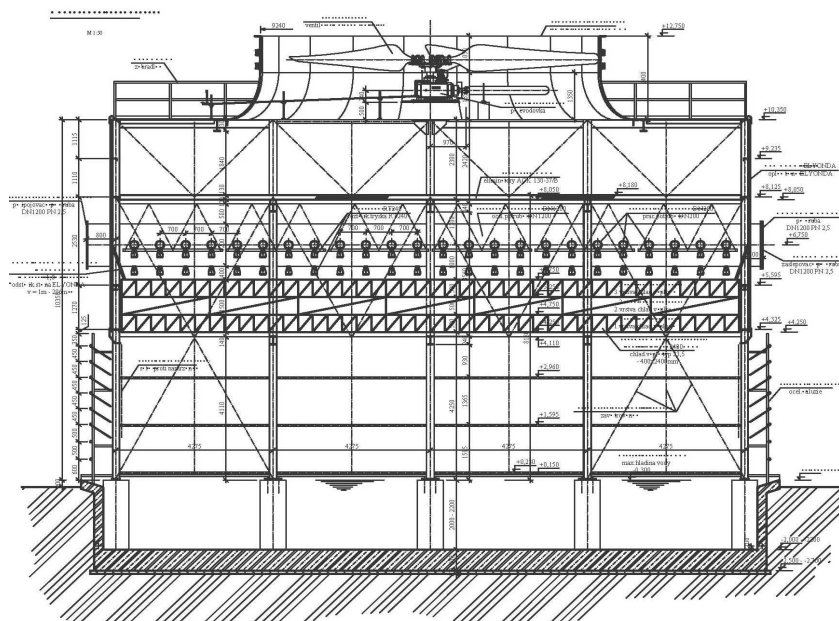


Рис. 3 Система «Вентиляторная испарительная градирня» в классическом исполнении.

Системы такой конструкции выбрасывают паровоздушную смесь (читай воду) в атмосферу со скоростью около 6 - 8 м/с. При таких значениях скорости движения паровоздушной смеси в пределах конструкции градирни, сложно работать с этой смесью без кардинальных изменений системы и дополнительных затрат.

Наша предыдущая работа по ФСА вентиляторной градирни позволила получить новое техническое решение для системы «Вентиляторная испарительная градирня. (см. рис. 4)

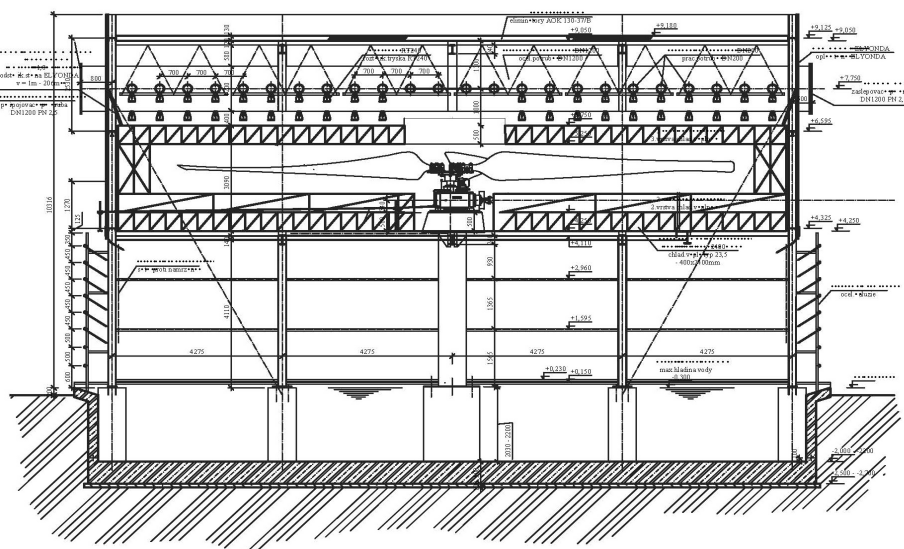


Рис 4. Система «Вентиляторная испарительная градирня» в новом исполнении

Система, в таком исполнении, выбрасывает паровоздушную смесь со скоростью 1,0 - 1,5 м/с. Такое значение скорости движения паровоздушной смеси уже позволяет подойти вплотную к вопросу извлечения воды из паровоздушной смеси в пределах конструкции вентиляторной градирни.

В процессе работы были сформулированы несколько физических противоречий, которые присутствуют в системе «Вентиляторная испарительная градирня». Приведем решение одного из них.

Физическое противоречие:

« Водяной пар должен быть в верхней части системы «вентиляторная испарительная градирня», потому что он является необходимым следствием процесса охлаждения воды в системе, и водяной пар не должен быть в верхней части системы «вентиляторная испарительная градирня», потому что он наносит вред окружающей среде».

Решение ФП во времени.

Водяной пар возникает в системе в один период времени и водяной пар не возникает в системе в другой (следующий) период времени. Такое решение мы не можем реализовать в нашей системе. Поэтому делаем вывод, что во времени наше ТП не решается.

Решение ФП в пространстве

В одном пространстве, в верхней части системы, водяной пар есть, в другом пространстве системы (подобрать каком!) водяного пара нет. Нужно направить водяной пар из верхней части системы в иное пространство, где пар превратится в воду и в сухой воздух или в воздух с атмосферной влажностью.

Должна быть предложена система с последовательным разделением пространства парообразования и пространства пароисчезания. В одном месте пар производится и в течение короткого времени пар попадает в другое место, где пар исчезает (например, производит работу, за счет которой, изменяет свои свойства, и превращается, например, в воду), или пар проходит через ***такой себе «черный ящик», через который проходит только воздух с атмосферной влажностью, но не проходит водяной пар.***

Решение ФП в отношениях:

Попадание водяного пара не допустимо в отношении к атмосферному воздуху. А в отношении какой среды попадание водяного пара допустимо? Варианты ответа:

- среда водяного пара – водяной пар из системы направлять в среду водяного пара? Наша основная задача в этом случае, непосредственно не решается. Но здесь возможно использование конденсатора пара. Вопрос - чем недорого охладить такой конденсатор. Тепловой насос? Возможно. Тепло от конденсации пара, с помощью теплового насоса можно использовать на отопление или на технологические нужды предприятия.

- среда воды – водяной пар направлять в среду воды (Водяной пар будет конденсироваться в среде воды и это может решить нашу задачу. При этом тепло водяного пара перейдет в среду воды). В этом случае, среда воды не должна быть связана с нашей охлаждаемой водой.

Это может быть вода какой-либо сторонней системы (функционально это должна быть система нагрева воды).

В результате, мы пришли к техническому решению пропускать паровоздушную смесь из вентиляторной градирни через слой воды, в котором водяной пар превратится в воду и останется в слое воды, а воздух покинет воду (наподобие барботажной камеры). Но от этой воды будет необходимо забирать тепло и конденсированную воду, причем постоянно.

Таким образом, решая физическое противоречие, мы приходим к двум разным техническим решениям:

1. Весь водяной пар, который производит система «Вентиляторная испарительная градирня», необходимо собирать и пропускать через конденсатор, который охлаждается системой испарителей теплового насоса. Дистиллированная вода из конденсатора должна возвращаться в систему «Вентиляторная испарительная градирня». Воздух из конденсатора будет выведен из системы в атмосферу.

2. Весь водяной пар, который производит система «Вентиляторная испарительная градирня», необходимо собирать и пропускать через слой воды отдельной системы, в котором водяной пар сконденсируется в воду и останется в слое воды, а воздух пройдет через воду и будет выведен из системы в атмосферу.

Оба технических решения имеют аналоги по использованию в различных областях промышленности, что говорит о реальности применения представленных технических решений.

В результате решения ФП мы подошли вплотную к пониманию создания рекуперационной установки на базе испарительной вентиляторной градирни и теплового насоса. Причем рекуперационной, как по теплу, уходящему из испарительной вентиляторной градирни, так и по воде, которую безвозвратно теряет испарительная вентиляторная градирня. Рабочее название такой установки – **«Вентиляторная рекуператорная градирня»**.

Представим несколько технических решений, которые можно использовать для решения этой задачи.

Техническое решение 1.

В верхнюю часть вентиляторной градирни дополнительным вентилятором по дополнительной системе воздухораспределения, против движения основного потока паровоздушной смеси, подается наружный атмосферный воздух с температурой, которая всегда ниже температуры паровоздушной смеси.

В зоне над разбрызгиванием воды в вентиляторной градирне происходит смешивание нагретой паровоздушной смеси со встречным, более холодным атмосферным воздухом. Происходит снижение температуры, вновь образованной, паровоздушной смеси до точки росы, и водяной пар начинает конденсироваться на внутренних элементах градирни и водоуловителя. Скапливающаяся вода стекает вниз, на ороситель градирни. Разумеется, что этот процесс необходимо регулировать в зависимости от температуры атмосферного воздуха и температуры паровоздушной смеси внутри градирни. Также ясно, что такой процесс имеет ограничения по эффективности в теплый период года.

Описанный принцип снижения потери воды уже использован одним из наших европейских конкурентов, но только на башенной градирне (заметим, что именно на башенной градирне, где скорость паровоздушной смеси невысокая в сравнении с классической вентиляторной градирней.) Этот факт радует, потому что подтверждает, что в этом направлении уже ведутся практические работы и есть первые практические результаты.

Техническое решение 2.

Для независимости процесса конденсации водяного пара в пространстве верхней части вентиляторной градирни от температуры и влажности атмосферного воздуха, предлагается использовать испаритель теплового насоса в качестве охладителя паровоздушной смеси. Этот вариант конденсации водяного пара из паровоздушной смеси представляется более стабильным, более управляемым, и более экономичным.

В этом случае, помимо решения нашей задачи - устранения потери воды из вентиляторной испарительной градирни, можно говорить о рекуперации тепла в градирне и использовании вентиляторной испарительной градирни для функции – «нагревать сторонний теплоноситель для нужд производства».

Для испарительной вентиляторной градирни это новая функция, которая пока не используется на производстве.

Это может быть предварительный подогрев циркуляционной воды (до 70°C) в водоподогревателях на тепловых электростанциях или предварительный нагрев сетевой воды в системе теплоснабжения на промышленных предприятиях.

*В результате нашей работы мы пришли к выводу, что вентиляторная испарительная градирня, которая рассчитана, как **аппарат для охлаждения воды с выбрасыванием (испарением уносом) воды и тепла в атмосферу**, может быть **аппаратом двойного действия: для охлаждения воды без выбрасывания (испарения и уноса) воды и тепла в атмосферу, и аппаратом для нагрева стороннего теплоносителя для нужд производства**.*

Насколько эффективно такое техническое решение сегодня судить пока рано. Необходимо провести научно-исследовательскую работу, испытания натурных и промышленных образцов и тогда сделать выводы.

Техническое решение 3.

В развитие технического решения 2 дополнить систему «Испарительная вентиляторная градирня» дополнительной системой перемещения водяного пара из верхнего пространства вентиляторной градирни в отдельное вынесенное пространство системы конденсации водяного пара и разделения там воды от воздуха.

Таким образом, будет реализована новая система под названием **«Вентиляторная рекуператорная градирня»**. Технических решений подобной системы может быть большое количество.

4. Инвестиционная привлекательность

Понятно прохладное отношение инвесторов к вложениям на изменение существующих конструкций вентиляторных испарительных («мокрых») градирен. Окупаемость таких проектов длительна и малоинтересна.

Для устранения испарения воды при охлаждении конденсатора турбины существует сегмент «сухих» градирен, которые работают без потери воды в атмосферу. И это правда.

Но правда также и в том, что стоимость «сухих» градирен на порядок превышает стоимость «мокрых» градирен. Эксплуатационные расходы на «сухие» градирни превышают в разы расходы на обслуживание «мокрых» градирен.

Результат нашей работы – *вентиляторная испарительная градирня без потери воды в атмосферу - «Вентиляторная рекуператорная градирня»*, можно и должно относить уже не к сегменту «мокрых» градирен, а к сегменту «сухих» градирен. Это значит, что стоимость такой вентиляторной испарительной градирни должна сравниваться со стоимостью «сухой» градирни с аналогичной эффективностью охлаждения.

Такой подход открывает новые возможности для привлечения инвестиций в размере, достаточном для разработки технических решений вентиляторной рекуператорной градирни, отработки и доведения их до стадии промышленного производства.

Выводы

Рынок энергетики в мире достаточно стабилен и динамичен. Системы охлаждения на нем всегда востребованы, независимо от применяемого вида топлива.

Разработка экологически чистой и экономичной системы охлаждения конденсатора турбины может стать актуальной и интересной задачей, как для разработчиков подобных систем, так и для финансовых инвесторов.

Этот вопрос имеет значение не только для энергетики, но и для ряда других отраслей промышленности. При решении задачи – «Уменьшение выброса влаги (и тепла) от испарительных градирен в атмосферу», мы видим необходимость привлечь многие заинтересованные стороны, в том числе, и государственные организации.

Данную работу можно считать одним маленьким шагом на пути решения задачи по устранению выброса влаги и тепла в атмосферу из испарительных градирен.

Работа показала что, при определенном усилии воли, возможно изменить свое отношение к привычному факту выброса влаги и тепла из испарительных градирен в атмосферу. Также возможно находить и реальные технические решения для поставленной задачи.

25 октября 2013.г.