

Исследования Института геохимии и геофизики НАН Беларуси свидетельствуют о том, что в Припятском прогибе, который является наиболее прогретой тектонической структурой, отмечены различные температуры подземных вод: от +25 °С на глубине 750 м до 95 °С на глубине 3800 м.

Планируется строительство геотермальных станций в Припятском прогибе, в районе Речицы и Светлогорска. Самая высокая температура, на сегодня зарегистрированная в скважине этого района, составляет 116,5 °С. Основная проблема добычи подземного тепла в районах Речицы и Светлогорска заключается в том, что там воды с концентрацией солей порядка 300–400 г/л. Горячие рассолы трудно поднимать на поверхность из-за возникновения соляных пробок в скважинах. При температуре 80 °С раствор близок к насыщению, а пока его выкачивают на поверхность по скважине, температура его падает до 60 °С – и соли кристаллизуются.

На Белорусской железной дороге насчитывается 1 856 мостов через реки различной мощности. Наибольшее количество железнодорожных мостов находится в Гомельской области. Для разработки технико-экономического обоснования необходимости использования гидроэнергетического потенциала помимо физических характеристик моста и расположенного под ним водотока необходима детальная проработка и гидрологических составляющих реки. Наибольшую трудность в этом плане представляют малые водотоки, так как гидрологические посты наблюдения располагаются на крупных и средних реках.

Возможная перспектива использования гидроэнергетических ресурсов на Белорусской железной дороге представлена на рисунке 4.

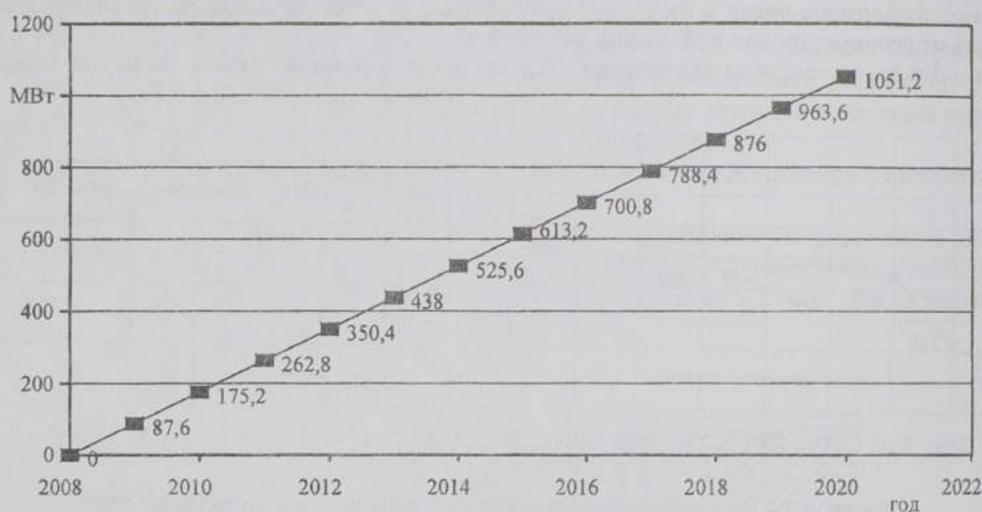


Рисунок 4 – Прогноз использования гидроэнергии рек для энергообеспечения объектов Белорусской железной дороги до 2020 года

При этом следует иметь в виду, даже с учетом того, что сегодня КПД для разработанных моделей не превышает 50 %, мини-ГЭС выигрывают по сравнению с традиционными способами получения электрической энергии при использовании последних в отдаленных от линий электропередач районах.

В заключение следует отметить, что перевозка грузов и пассажиров должна быть гарантированно безопасной, а значит, магистральные тепловозы, как пассажирские, так и грузовые, будут использовать проверенное длительной эксплуатацией традиционное дизельное топливо.

УДК 621.039:621.311

## АЭС – «ЛОКОМОТИВ» ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*В. М. ОВЧИННИКОВ, В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ*  
Белорусский государственный университет транспорта

В свое время (1924 г.) Ф. Э. Дзержинский, являясь председателем ВСНХ, т. е. главой всего государственного хозяйства, разработал очень интересную «локомотивную» программу, суть которой заключалась в немедленном развертывании локомотивостроения в Советском Союзе. Эта программа дала возможность полностью загрузить локомотивостроительные заводы, что, в свою очередь, резко подтягивало другие смежные производства. А для них нужен металл, т. е. развитие металлургии. На базе интенсивного роста металлургической про-

мышленности появляется возможность резко интенсифицировать металлообрабатывающую промышленность, а соответственно насытить рынок металлоизделиями, обеспечить доходность государственной промышленности и сделать остро необходимые для восстановления основного капитала промышленности накопления. Образно говоря, локомотив (паровоз) решено было сделать «локомотивом» советского экономического роста.

Сложность нынешней ситуации состоит в том, что одна из самых популярных фобий – истощение энергоресурсов. А энергия, как известно, является фундаментом научно-технического развития. В структуре потребления энергии в мировой экономике в 2007 г. продолжает доминировать нефть (35,6 % потребления первичной энергии). На втором месте уголь (28,6 %), на третьем – газ (23,8 %), на четвертом – гидроэнергия (6,3 %), на пятом – ядерная энергия (5,6 %). Доля возобновляемых источников энергии остается менее 1 %. Вопреки медийной пропаганде потребление энергии растет не за счет возобновляемых источников, а за счет угля. Здесь следует заметить, что с экологической точки зрения сжигание угля даже при новых технологиях наносит наибольший вред окружающей среде в сравнении с другим углеводородным топливом. Газ является наиболее экологически «чистым» топливом. Российская Федерация является лидером по разведанным запасам газа. Она владеет 25,3 % всех мировых запасов. Следом за ней идут Иран (15,7 %) и Катар (14,4 %). Потребление газа мировой экономикой за последние 10 лет возросло на 30,1 %, а мировая цена по сравнению с 1997 г. возросла в 3 раза. По оценке ведущих энергетических институтов мира нефть, уголь и газ останутся основными источниками энергии в обозримом будущем. Но цены на них будут неуклонно расти. Подорожание энергии вызывает обострение конкурентной борьбы товаров на мировом рынке.

В настоящее время налицо признаки возрождения ядерной энергетики. Этому способствует не только взлет цен на природный газ и нефть, но и рост движения протеста против сжигания ископаемых видов топлива, приводящего к выбросам парниковых газов и других токсичных веществ. Наша Беларусь также не оказалась в стороне от этого процесса, и принято окончательное решение о строительстве АЭС в нашей стране.

Чтобы понять сложность решаемой задачи, привлечем элементарные знания о топливном цикле и простой здравый смысл. Энергетические ядерные реакторы вырабатывают тепло, образующееся за счет реакции деления атомных ядер, которое производит пар для вращения турбин электрогенераторов. Топливо представляет собой в основном искусственно обогащенный уран с содержанием до 4–5 % изотопа урана-235, поддерживающего цепную реакцию. Все остальное – уран-238.

В реакторе ВВЭР-1000 (именно этот, как наиболее безопасный, принят при проектировании АЭС) обогащение по урану-235 составляет 4,4 %, т. е. выгорание равно 44 кг/т. В реакторе применяется насыщенный пар, что согласно термодинамике приводит к небольшому значению КПД (33 %). Кроме того, как известно, при достижении критической массы в уране-235 начнется цепная реакция деления – реактор заработает и ... через очень короткое время остановится. Дело в том, что при производстве энергии часть ядер урана-235 разделится – выгорит. Количество его, находящееся в активной зоне реактора, станет меньше критической массы, и ценная реакция затухнет. Поэтому в реактор загружают не весь уран, необходимый для работы реактора все время, на которое он рассчитан, а только часть его. По мере выгорания, добавляют новые порции урана. Следует отметить еще одну особенность работы реактора: при делении урана образуются «осколки» ядер, или, как их называют, шлаки. Это явление, получившее название «отравление», обусловлено накоплением «осколков» (атомов новых элементов, образовавшиеся при делении), что ведет к увеличению вредного поглощения.

Если проследить всю цепочку обращения с ураном, начиная с его добычи и кончая извлечением из реактора и его захоронением, то окажется, что полезно используется, т. е. преобразуется в энергию очень небольшая доля – один процент природного урана. Значит, каждый килограмм урана может дать не 83,8 млн МДж, а 838 тыс. МДж. Напомним, что для 1 кг угля теплота сгорания 29,3 МДж, для мазута 40,5 МДж, дизельного топлива – 42,5 МДж, бензина – в среднем 45 МДж, газа – около 48 МДж. Сравнение этих значений позволяет заключить, что использование уранового топлива в десятки тысяч раз эффективнее.

Атомная электростанция поднимет на новый качественный уровень энергосистему республики. Кроме того, практически все отрасли экономики будут задействованы в строительстве и освоении выделенных на него инвестиций. АЭС – это сотни тысяч тонн бетона. Транспортировка основного оборудования к месту строительства требует серьезной экономической проработки и расчетов. Необходимо решить трудную задачу по доставке реактора, т. е. крупногабаритного груза 6–7 метров в диаметре и весом 500 тонн. Кроме того, в мире существует практика, когда генеральный подрядчик поставляет основное оборудование для АЭС, а производство вспомогательных и дополнительных систем осваивают предприятия страны-заказчика.

Наконец, самое главное экономическое преимущество. По данным МАГАТЭ стоимость электроэнергии из атомного топлива на 40–50 % дешевле, чем при использовании газа. Причем рост цены ядерного топлива в 2 раза приведет к увеличению стоимости электричества всего на 2–4 %. Удвоение же цены газа приводит к росту цены электричества на 70 %. АЭС работают в 15 из 27 стран-членов ЕС и производят около трети вырабатываемой в ЕС электроэнергии. США имеет больше всего ядерных энергоблоков – 104. Затем следует Франция (59), Япония (53), Россия (30) и Великобритания (27).

Здесь следует отметить главную проблему АЭС – нехватку мест складирования отработанного ядерного топлива. В настоящее время большинство ядерных предприятий хранят отработанное топливо на поверхности земли в огромных сухих хранилищах вместимостью до 10 тонн. Отработанным топливом, производимым ежегодно ядерным реактором мощностью 1000 МВт, можно заполнить два таких хранилища стоимостью \$ 1 млн каждое. Переработка ядерных отходов на специальных заводах возможна, но очень дорога и опасна. Элементарные знания по ядерной физике позволяют понять, что в реакторе часть ядер урана-238 превращает-

ся в плутоний-239, который может быть использован для изготовления атомной бомбы. Так, в Англии и России к концу 2005 г. скопилось около 120 т плутония, что достаточно для изготовления 15 тыс. атомных бомб. Но успокаивает то, что плутоний, входящий в состав отработанного ядерного топлива, которое хранится в сухих хранилищах на площадках АЭС, смешан с продуктами деления, гамма-излучение которых смертельно опасно. Из-за высокой радиоактивности отработанное ядерное топливо можно перевозить только в контейнерах. Если же переработать ядерные отходы на специальных заводах, то выделенный плутоний очень слабо радиоактивен, и его легко вынести. Вызывает глубокие опасения, что очищенный плутоний может стать доступным террористам для незаконного изготовления атомного оружия.

В заключение следует отметить, что атомный проект – это не только дешевая электроэнергия, но и катализатор экономического развития многих отраслей промышленно-транспортного комплекса Республики Беларусь.

УДК 621.311:621.577

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*В. М. ОВЧИННИКОВ, В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

*И. К. ПРОКОФЬЕВА*  
*Белорусская железная дорога*

Белорусская железная дорога является одним из крупных потребителей котельно-печного топлива. Например, за 2007 год израсходовано печного топлива, мазута, природного газа и каменного угля около 100 тыс. т. В настоящее время одним из перспективных направлений по снижению затрат энергии на отопление и горячее водоснабжение считают применение тепловых насосов (ТН). ТН называют тепловую машину, которая позволяет отбирать тепло от относительно низкотемпературного источника и отдавать тепло телам с большей температурой. Это достигается с помощью процессов испарения и конденсации теплоносителя, разнесенных в пространстве. Строго говоря, тепловой насос представляет собой холодильную машину-испаритель, который выполняет роль приемника низкотемпературного тепла, а конденсатор – нагревателя.

Отношение количества переданной тепловой энергии к затраченной электрической на привод компрессора ТН характеризует его эффективность. Для реальных условий, в зависимости от разности температур между источником теплоты и потребителем, это отношение (отопительный коэффициент К) колеблется в пределах от 3 до 5. Именно это обстоятельство делает применение ТН столь привлекательным в системах отопления: затраты на привод ТН 1 кВт·ч электроэнергии, мы за счет дармовой низкотемпературной тепловой энергии возобновляемых источников получаем от 3 до 5 кВт·ч тепловой энергии нужного высокого температурного потенциала.

Несмотря на то, что в настоящее время периодические издания, и, особенно, Интернет, пестрят предложениями по продаже, проектированию и установке систем отопления и горячего водоснабжения на базе ТН, последние широкого применения в промышленности, коммунальном хозяйстве и у индивидуальных потребителей эти устройства не получили. Причин для этого несколько, но выделим две основные. Кроме низкопотенциального тепла, ТН потребляет дорогостоящую электрическую энергию; при увеличении разности температур между потребителем тепла и низкотемпературным источником величина отопительного коэффициента быстро падает. Поясним на примере. Отопление, горячее водоснабжение и кондиционирование квартиры площадью 75 м<sup>2</sup> вполне может обеспечить ТН «воздух – вода» номинальной выходной мощностью по теплу 5,5 кВт (цена – примерно 3000 €). Такой ТН для южных регионов Украины обеспечивает среднесезонный отопительный коэффициент на уровне 2,8, а для северных – примерно 2,5.

В таких системах наружный воздух продувается через испаритель, а тепло, отводимое от конденсатора, нагревает воздух в помещении. Преимуществом таких систем является доступность воздуха. Однако температура воздуха (источника тепла) изменяется в большом диапазоне, достигая отрицательных значений. При этом эффективность теплового насоса сильно снижается. Так, изменение температуры наружного воздуха с плюс 7 °С до минус 10 °С приводит к снижению отопительного коэффициента в 1,5–2 раза.

По нашим расчетам, стоимость электрической энергии, эквивалентной 1 т у. т. по тарифам 2007 года, для промышленных предприятий превышает 850 \$ США, в то же время стоимость 1 т у. т. мазута и природного газа за тот же период не превышает 150 \$ США. С этой точки зрения экономически оправдано применение ТН с величиной отопительного коэффициента не ниже 5,7. Причем при данном значении не приходится рассчитывать на какую либо прибыль. В настоящее время практически достигнутое эксплуатационное значение отопительного коэффициента ТН не превышает 5.

Часто в качестве аргумента в пользу ТН приводят их широкое применение в Швеции, но при этом следует иметь в виду два существенных обстоятельства. Во-первых, в Швеции относительно низкая стоимость электро-