



В. Г. КРАСНИК,
доктор техн. наук
(ГП «НТЦ «Углеинновация»)



Н. М. УЛАНОВ,
канд. техн. наук
(ОКТБ Института технической
теплофизики НАН Украины)

Определение понятия «технология» как учения о выгодных (т. е. поглощающих наименее труда людского и энергии природы) приемах переработки природных продуктов в продукты потребные (необходимые или полезные, или удобные) для применения в жизни людей дал Д. И. Менделеев. Мысль Д. И. Менделеева о привязке технологии к условиям времени и места актуальна и в наше время, когда технологии должны обеспечивать производство необходимых продуктов не только с минимальными расходами сырья, энергии, рабочей силы, но и с соблюдением экологических условий, которые сводят к минимуму выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Примером комплексного подхода к созданию таких техноло-

Перспективы использования энергосберегающих теплонасосных технологий на предприятиях угольной промышленности Украины

гий может стать решение проблем, возникающих в процессе строительства шахт и добычи угля, когда образуется или используется значительное количество различных материалов: горная порода, идущая в отвалы; шахтная вода слабо или сильно минерализованная, содержащая различные полезные ингредиенты; оборотная вода охлаждения компрессорных станций; конденсат воды из воздуха, выходящего из шахты; отработанный вентиляционный воздух из шахты; метан из дегазационных скважин и вентиляционного воздуха. Схема материальных потоков шахты и технологии их переработки в товарные продукты представлена на рис. 1.

Считаем, что при принятии решения по обеспечению шахты теплотой, горячей водой, электричеством необходимо прорабатывать возможности комплексного использования перечисленных и других источников энергии за счет внедрения прогрессивных технологий и оборудования, в частности тепловых насосов, газогидратов, установок по очистке шахтных вод, создания производств для переработки концентратов шахтной воды, малоэнергоёмких установок для сушки спецодежды и обуви и т. д.

Чтобы использовать теплоту, выделяемую различными материальными потоками, образующимися в процессе добычи угля, целесообразно применять тепловые насосы, в которых теплота преобразуется с высокой энергетической эффективностью, поскольку это экологически чистые, надежные в эксплуатации, универсальные по виду низкопотенциального источника и уровню мощности, полностью автоматизированные и с длительным сроком службы установки. Обычно на 1 кВт затраченной энергии в парокompрессионном насосе потребителю может быть передано 3–4 кВт и более энергии. По прогнозам Международного энергетического агентства, к 2020 г. 75 % отопительных установок в системах теплоснабжения развитых стран мира будут работать, используя энергосберегающую теплонасосную технологию.

Источники низкопотенциальной теплоты на шахтах – шахтная вода, вытяжной воздух, терриконы.

В настоящее время в Украине шахтные и карьерные воды, сбрасываемые в гидрологическую сеть страны, в сумме составляют более 1 млрд м³ в год, в том числе: 788 млн м³ – предприятиями угольной промышленности, 150 млн м³ – железорудными предприятиями

и 70 млн м³ – остальными добывающими предприятиями нерудной отрасли [1].

Для нормальных условий эксплуатации шахт необходимо непрерывное функционирование водоотливного хозяйства. Для откачки шахтной воды на поверхность безвозвратно теряется ее водный и тепловой потенциалы и в огромных количествах расходуется электроэнергия. Установлено, что с закрытием шахт объемы откачиваемых вод не уменьшаются.

Экономически целесообразно утилизировать низкопотенциальную теплоту шахтных вод, имеющих температуру от 15 до 25 °С, с помощью тепловых насосов, что подтверждают выполненные авторами технико-экономические обоснования. Благодаря тому что шахтные котельные не используются в теплое время года, энергозатраты снижаются в 2–4 раза, к тому же и в зимнее время котельные используются не на всю мощность. Еще одно важное преимущество – потенциал энергосбережения при охлаждении шахтной воды (например, с уровнем минерализации до 3 г/л – 467,3 млн м³ в год) на 15 °С составит свыше 834,5 Гкал/ч (970,5 МВт). Для производства такого количества теплоты в угольных котельных необходимо 140 т у. т. в час, или 1,176 млн т у. т. за отопительный сезон, а если теплота производится в газовых котельных, то потребовалось бы 0,6 млрд м³ природного газа [2].

С помощью теплового насоса также можно утилизировать теплоту вытяжного воздуха из шахты для нагрева приточного воздуха [3]. Расчеты показывают, что при подаче 1,2 млн м³/ч воздуха температурой 15 °С и влажностью 60 % тепловая мощность составит около 4,2 МВт. Ориентировочная стоимость комплекса 960 тыс. евро.

Если подобный способ утилизации теплоты вытяжного воздуха из шахты реализовать на 50 шахтах, то для производства аналогичного количества теплоты (210 МВт) потребовалось бы 31 т у. т. в час, или 0,26 млн т у. т. за отопительный сезон в угольных котельных, или 0,132 млн м³ природного газа в газовых котельных.

Отвальная порода, извлекаемая из забоев и сложенная в терриконы, также источник энергии. Всего в Украине около 2 тыс. терриконов угольных шахт и горнообогатительных фабрик в разном тепловом состоянии. Даже если температура грунта террикона достигает всего 25 °С, с помощью тепловых насосов можно осуществить перенос тепловой энергии на более высокий уровень – от 50 до 80 °С. Если использовать полученную теплоту для отоп-

ления жилых домов, потребление газа снизится на 30 %, а температура терриконов и выделение ими сероводорода уменьшится. В зависимости от кислотности почвы грунтовые коллекторы служат от 25 до 75 лет.

Тепловой потенциал терриконов (например, шахт «Южнодонецкая» № 3 и № 1) до 30 °С за 20 лет даст возможность получать до 10 МВт тепловой энергии. При оборудовании системами по извлечению теплоты тепловыми насосами ~ 300 терриконов можно получить 1500 МВт тепловой энергии. Причем за отопительный сезон в угольных котельных для этого количества энергии потребовалось бы 216 т у. т. в час, или 0,95 млн т у. т., или 0,49 м³ природного газа в газовых. Следовательно, только по трем основным источникам низкопотенциальной теплоты, утилизируемой тепловыми насосами с учетом принятых допущений, за отопительный сезон предполагается сберечь около 2,4 млн т у. топлива, что эквивалентно 1,22 млрд м³ природного газа.

Дополнительные источники низкопотенциальной теплоты – воды систем оборотного водоснабжения, сточные воды, воздух компрессорной и др.

В качестве примера утилизации теплоты тепловыми насосами рассмотрим помещение площадью 1000 м², в котором установлено 12 компрессоров. Среднесуточная температура воздуха в компрессорной может составлять до 80 °С. Поскольку при повышении рабочих температур снижается производительность оборудования и сокращается срок его эксплуатации, теплоту необходимо отводить, что обычно делают с помощью вентиляторов. Однако при этом огромное количество теплоты выбрасывается в атмосферу. К тому же тратятся дополнительные средства на организацию систем охлаждения (например, масла винтовых компрессоров, которое достигает температуры 85 °С).

Суть предлагаемого решения состоит в том, что отбор избыточной теплоты от оборудования компрессорной и дальнейшее ее использование осуществлялись с помощью тепловых насосов. Измерения показали, что на 1 кВт·ч затраченной электроэнергии, которую потребляет привод теплового насоса, приходится от 3,5 до 4 кВт·ч эквивалентной тепловой энергии. В развитых странах данная технология применяется все более широко, вытесняя традиционные методы теплоснабжения.

При внедрении такой технологии отпадает необходимость в интеграции в состав компрессорного оборудования дорогостоящих и энергоемких

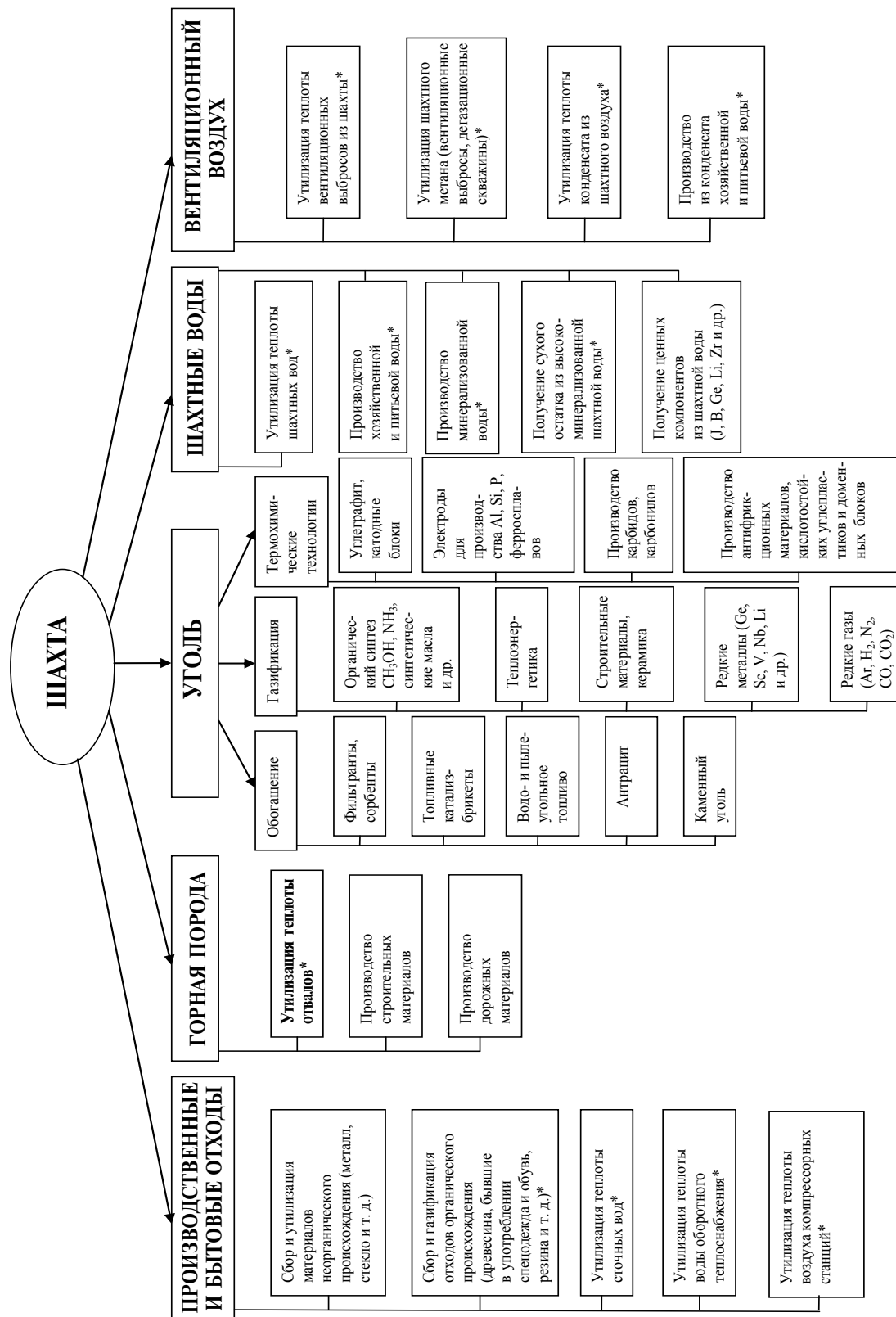


Рис. 1. Схема материальных потоков шахты и технологии их переработки в товарные продукты (* – технологии, в которых могут быть использованы тепловые насосы).

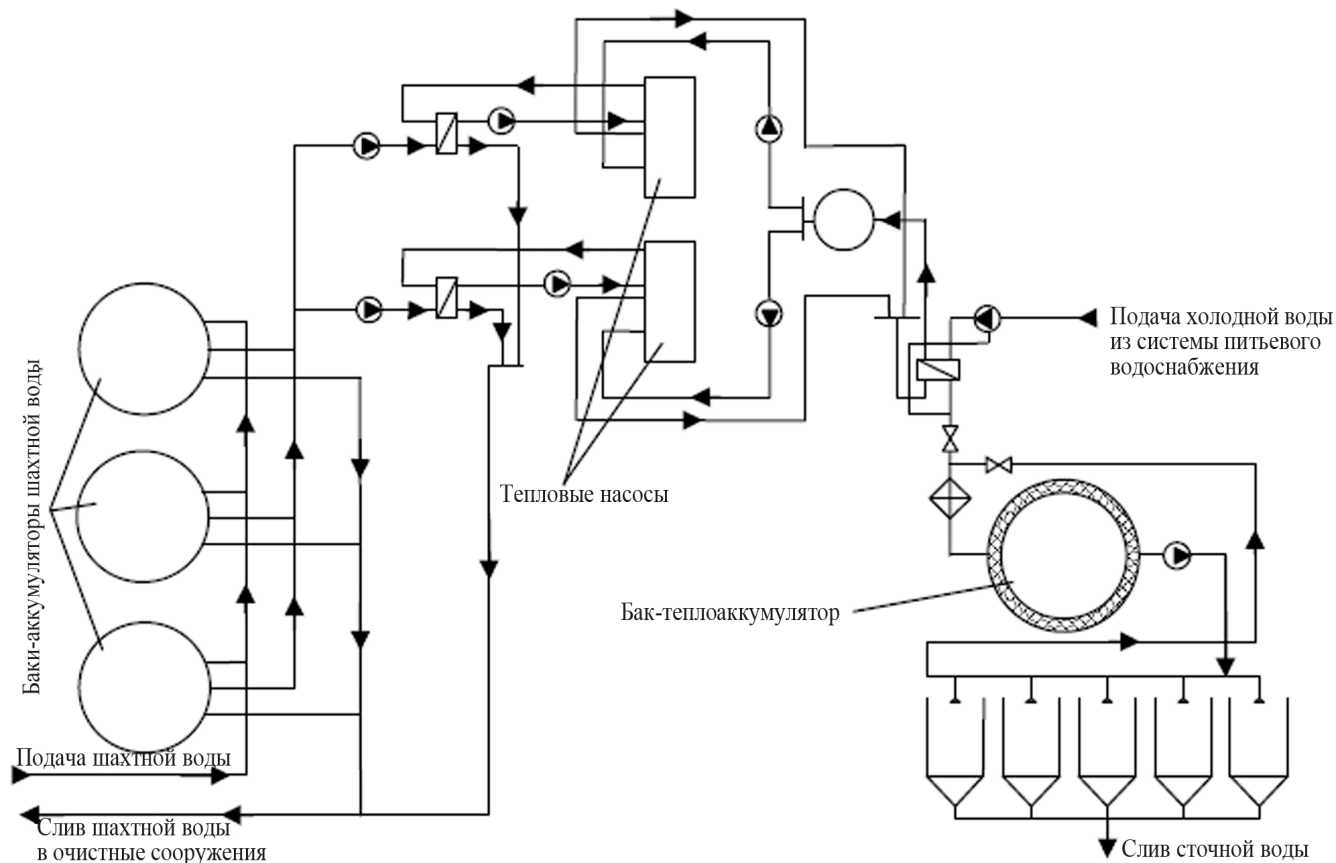


Рис. 2. Схема горячего водоснабжения на шахте № 10 «Нововолынская».

систем охлаждения, в том числе фильтров, воздухоохладителей, влагомаслоотделителей и т. п. Гораздо проще и выгоднее установить тепловые насосы и таким образом решить проблему потерь избыточной теплоты, не внося существенные изменения в конфигурацию имеющегося оборудования. Поскольку компрессорные всегда расположены в непосредственной близости к шахте, целесообразно объединить в общую систему тепловые насосы, работающие на вытяжном воздухе, сбросной воде и в компрессорной.

Опытное конструкторско-технологическое бюро Института технической теплофизики НАН Украины разработало проектно-сметную документацию и совместно со специалистами Донецктеплокоммунэнерго в 2009 г. внедрило крупнейшую в Украине до настоящего времени теплонасосную станцию горячего водоснабжения на базе использования теплоты сточных вод в г. Краматорске мощностью 1,44 МВт с количеством потребителей горячей воды 5 тыс. человек. По результатам работы этой станции в 2010–2012 гг. коэффициент преоб-

разования энергии составил 3,39–3,52, среднегодовая экономия природного газа достигла 1,5 млн м³ [4].

Другим крупным объектом внедрения тепловых насосов мог стать 165-й квартал пос. им. С. М. Кирова г. Дзержинска, где в 2013 г. начинался монтаж теплонасосной станции теплоснабжения мощностью 4,5 МВт, использующей теплоту шахтных вод шахты «Северная». К сожалению, работы в настоящее время приостановлены.

Специалисты ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» в 2011 г. ввели в эксплуатацию на шахте «Благодатная» теплонасосную станцию горячего водоснабжения мощностью 0,8 МВт, позволяющей за 7-часовой цикл нагреть 120 м³ воды до температуры 45 °С. Расход шахтной воды, теплота которой используется, – 200 м³/ч [5].

ОКТБ Института теплотехнической физики НАН Украины подготовило рабочую документацию на систему горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов, использующих низкопотенциальную энергию шахтных вод шахты № 10 «Нововолын-

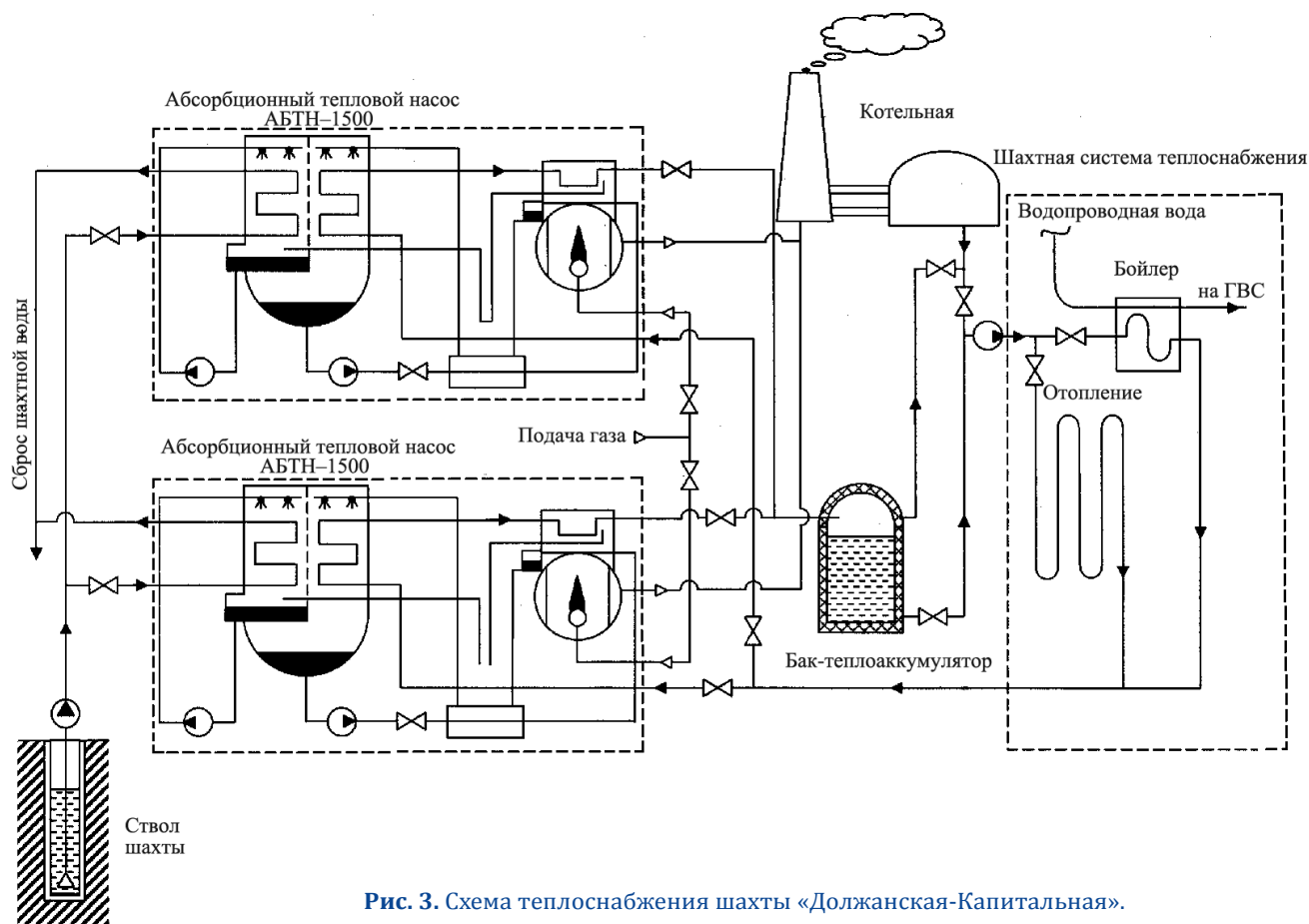


Рис. 3. Схема теплоснабжения шахты «Должанская-Капитальная».

ская». Схема этой системы, в состав которой входят компрессионные тепловые насосы, представлена на рис. 2. Разработано технико-экономическое обоснование эффективности утилизации низкопотенциальной теплоты шахтной воды теплонасосным комплексом для теплоснабжения шахты «Должанская-Капитальная», на которой работает газовая котельная (рис. 3).

Основные технические характеристики теплонасосных систем шахт № 10 «Нововольнская» и «Должанская-Капитальная» (в скобках): тепловая мощность – 0,25 МВт (11,85 МВт); экономия энергоносителей – 452 т угля (0,771 млн м³ природного газа); срок окупаемости – 3,4 года (2,9 года); капитальные затраты в ценах 2009 г. – 1,32 млн грн (5,56 млн грн).

Приведенные примеры возможного внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий на предприятиях угольной промышленности Украины не означают абсолютную целесообразность замены тепловых насосов насосами традиционных

источников тепловой энергии. Каждый вид отопления рационально применяется в конкретных условиях. В то же время, там, где внедрение тепловых насосов определено технико-экономическими расчетами, они имеют энергетические преимущества перед другими технологиями генерации.

Технология добычи полезных ископаемых (каменного угля, соли, железной руды, нерудных материалов) связана с необходимостью после каждой смены подземных работ стирать и сушить техническую спецодежду, что является энергоемким процессом, потребляющим значительное количество энергии.

Институт «УкрНИИпроект» разработал установку для сушки технической спецодежды УС-М, которая реализует процесс конвективной сушки за счет применения электронагревателей для подогрева воздуха. Использование насоса в сушильных установках уменьшает расходы на сушку в результате уменьшения содержания влаги осушаемого воздуха. Испытания показали, что энергозатраты на 1 кг

удаляемой влаги могут быть снижены в 2–4 раза по сравнению с традиционной конвективной сушилкой [6].

Некоторые технические характеристики установок для теплонасосной сушки технической одежды, разработанных в ОКБ ИТТФ НАНУ и в институте «УкрНИИпроект», представлены в таблице. Кроме того, в установке, разработанной ОКБ ИТТФ НАНУ, предусмотрена возможность отопления помещения прачечной в холодный период года за счет утилизации теплоты при доохлаждении воды конденсаторного контура теплового насоса.

Параметры	Сушильные установки разработки	
	УкрНИИ-проект	ОКБ ИТТФ НАНУ
Тепловая мощность, кВт	42	162
Установленная электрическая мощность оборудования, кВт	50	60,3
Температура воздуха в сушильной камере, °С	120	50
Производительность, комплект в 1 ч	16–64	60–220
Длительность сушки, ч	До 1	1,2–1,4

Если учесть, что, например, на шахте «Должанская-Капитальная» 1770 подземных рабочих, при этом самая большая смена насчитывает 778 человек, а самая малая – 268, то в среднем за одну смену нужно постирать и высушить 450 комплектов спецодежды, т. е. около 90 комплектов в 1 ч. Следовательно, мощность сушильной установки, разработанной «УкрНИИпроект», надо увеличить в 1,5–2 раза, а потребляемая мощность составит более 100 кВт.

Выводы. Несмотря на преимущества теплонасосных технологий как в экономической, так и в экологических сферах, внедрению их мешает отсутствие государственной поддержки, потребности в реальной экономии энергоресурсов и дешевизна энергоносителей.

Предварительный энергетический аудит проекта шахты в теплоснабжении показывает, что количество низкопотенциальной энергии шахтной воды и конденсата воды из вентиляционного воздуха,

а также воды из системы оборотного водоснабжения компрессорной станции, из вентиляционного воздуха и частичного отбора теплоты горных пород, складированных в отвалах, при использовании разных типов тепловых насосов позволяет получить до 23 МВт тепловой энергии, что эквивалентно тепловой мощности, запроектированной на шахте угольной котельной с расходом топлива 15 т/ч.

Сотни киловатт-часов тепловой энергии могут быть сэкономлены в результате применения теплонасосных установок для сушки спецодежды и обуви. Кроме того, на шахте за счет конденсации воды из вентиляционного воздуха тепловыми насосами может образовываться дополнительный источник воды для стирки рабочей одежды, пылеподавления на поверхности и в горных выработках, полива зеленых насаждений на территории шахты, пополнения противопожарного запаса воды и т. д. Так, при охлаждении 1860 м³/мин вентиляционного воздуха тепловыми насосами количество конденсата может составить до 100 м³/ч воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красник В. Г. Технологические возможности и перспективы использования теплового потенциала шахтных вод Украины / В. Г. Красник, В. М. Остапенко, Н. М. Уланов // Уголь Украины. – 2005. – № 12. – С. 35–37.
2. Уланов Н. М. Утилизация теплоты вод, циркулирующих в системах водопроводно-канализационных хозяйств городов Украины / Н. М. Уланов, М. М. Уланов, В. М. Остапенко // Тепловые насосы. Энергосбережение, экология, эффективность: сб. докл. первой междунаро. конф. – Днепропетровск, 2007. – С. 121–125.
3. Калугин П. В. Применение теплонасосных установок / Калугин П. В. // Тепловые насосы. Энергосбережение, экология, эффективность: сб. докл. первой междунаро. конф. – Днепропетровск, 2007. – С. 48–70.
4. Сухаренко С. Э. Некоторые результаты эксплуатации теплонасосной установки горячего водоснабжения в г. Краматорске / С. Э. Сухаренко, Н. М. Уланов // Тепловые насосы. – 2012. – № 3. – С. 10–12.
5. Тепловые насосы на шахте // Энергосбережение. – 2011. – № 3. – С. 10–12.
6. Уланов Н. М. Использование тепловых насосов в сушильных технологиях / Н. М. Уланов // Тепловые насосы. – 2012. – № 2. – С. 45–51.