

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ В ОБЛАСТИ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**П. А. Витязь, В. А. Барабась**

(Президиум Национальной академии наук Беларуси, г. Минск)

Для Республики Беларусь характерна высокая зависимость экономики от импорта сырья и энергоносителей. В себестоимости продукции приходится порядка 80 % затрат на материальные, сырьевые и энергетические ресурсы и более 80 % из них импортируемые (рис. 1). При этом удельное потребление ресурсов на единицу внутреннего валового продукта в несколько раз больше, чем в большинстве экономически развитых странах.

Республика Беларусь обладает энергоемкими отраслями промышленности. В 1997 г. суммарное потребление энергоресурсов с учетом потерь электроэнергии, сырья и светлых нефтепродуктов составило 34,9 млн. т.у.т., в том числе:

- промышленность - 13,5 млн. т.у.т. (38,7 %);
- коммунально-бытовой сектор - 13,42 млн. т.у.т. (38,5 %);
- сельское хозяйство - 2,94 млн. т.у.т. (8,42).

Доля собственных ТЭР в общем балансе республики в 1997 г. составляла ~ 14 % от валового потребления топливно-энергетических ресурсов. В объеме всего импорта республики доля энергоресурсов в денежном выражении достигает ~ 60 % и составляет около 2 млрд. долларов США.

Уровень развития экономики должен подкрепляться соответствующей энергетической базой. Прогнозируемое Министерством экономики потребление электро- и теплотенергии в Беларуси к 2015 г. составит ~ 55 млрд. кВт час и 99 млн. Гкал с учетом снижения энергоемкости ВВП на 27 % за счет энергосбережения. Исходя из экономической целесообразности, в настоящее время потребность республики в электроэнергии удовлетворяется на 77 % за счет выработки на собственных электростанциях (в основном на импортном газе) и на 23 % за счет импорта электроэнергии от Смоленской и Игналинской АЭС.



Рис. 1.

Для Беларуси проблема устойчивого развития имеет важнейшее значение и имеет существенные особенности, обусловленные предысторией развития, наличием удовлетворительного научно-технического и промышленного потенциала. Учитывая высокую зависимость от импорта материально-сырьевых и энергетических ресурсов, главный путь обеспечения устойчивого развития является повышение конкурентоспособности продукции на внешних рынках путем оптимизации ресурсопотребления, ресурсосбережения, использования собственных ресурсов, мобилизации и развития местной сырьевой базы и вторичных ресурсов (рис.2). Это развитие должно основываться на наукоемких, ресурсосберегающих и экологически чистых технологиях, что отмечено в постановлении Совета Министров Республики Беларусь №139 от 27.02.1997 г.

Национальная академия наук Беларуси уделяет значительное внимание работам в области ресурсе- и энергосбережении, сосредотачивая свои усилия на разработках в различных направлениях (табл. 1).

Таблица 1

## Пути ресурсосберегающей модернизации технологий

Основные источники потерь ресурсов	Пути технологической модернизации
Нерациональный расход материалов в технологиях и изделиях	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ресурсный мониторинг;</li> <li>• совершенствование методов расчета и конструирования;</li> <li>• использование современных технологий (высокоэнергетические воздействия, порошковая металлургия, замена резания пластическим деформированием);</li> <li>• использование новых полимерных и композиционных материалов;</li> <li>• технологический рециклинг.</li> </ul>
Коррозия и износ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• расчет и конструирование систем с высокой стойкостью к коррозии и износу;</li> <li>• использование современных методов защиты поверхностей (покрытия, упрочняющая обработка и т.д.);</li> <li>• использование новых материалов.</li> </ul>
Нерациональные технологические потери энергии при переработке материалов, изготовлении и эксплуатации изделий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• мониторинг энергопотерь, усиление теплозащиты;</li> <li>• расчет и конструирование энергосберегающей техники;</li> <li>• замена энергоемких технологий;</li> <li>• использование нетрадиционных источников получения энергии;</li> <li>• рециклинг тепла.</li> </ul>

СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

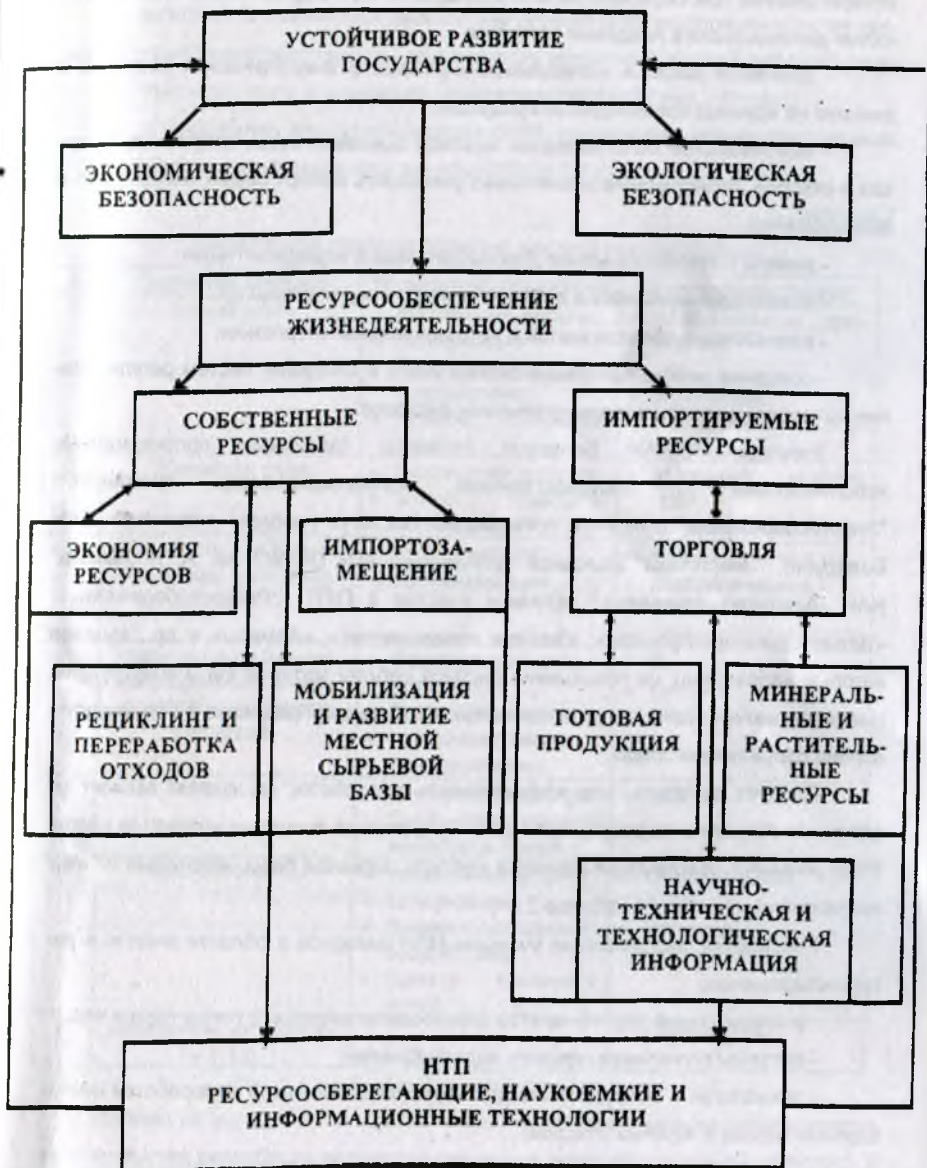


Рис. 2.

Основные потери заключаются в нерациональном расходовании материалов при переработке и производстве, повышенные потери от коррозии и износа и потери энергии при переработке и эксплуатации. Поэтому основными направлениями деятельности в Академии являются:

- снижение расхода материально-сырьевых и энергетических ресурсов в расчете на единицу производимой продукции;
- максимальное использование местной сырьевой базы, вторичных ресурсов и отходов, позволяющих значительно уменьшить импорт сырья, материалов и оборудования;
- замена материалов менее дорогостоящими и недефицитными;
- утилизация материалов военной техники в ходе конверсии;
- разработки в области малой и нетрадиционной энергетики;
- создание нового поколения систем учета и контроля, систем регулирования потребления топливно-энергетических ресурсов.

Учреждения НАН Беларуси являются головными организациями-исполнителями по государственным научно-техническим программам "Энергосбережение" (головная организация Институт проблем энергетики НАН Беларуси), "Энергетика" (головная организация АНК "ИТМО им. А. В. Лыкова" НАН Беларуси); принимают активное участие в ГНТП «Ресурсосбережение», «Белавтотракторостроение», «Защита поверхностей», «Алмазы» и др., задания которых направлены на повышение ресурса работы материалов и конструкций, снижение материало- и энергоемкости технологических процессов и производств, охрана окружающей среды.

Следует отметить, что эффективность разработок во многом зависит от удельных затрат на их реализацию (рис. 3). Большое внимание уделяется разработке научного обеспечения развития местной сырьевой базы, некоторые из этих направлений показаны в таблице 2.

Разработки, выполненные учеными НАН Беларуси в области энерго- и ресурсосбережения:

- утилизаторный парогенератор производительностью 2 тонны пара в час;
- системы солнечного горячего водоснабжения;
- технология и оборудование для термокаталитической переработки низкосортных топлив и горючих отходов;

- плазменное оборудование для опытно-промышленной установки по комплексной технологии получения легированных сплавов и лигатур на основе отходов;

- методики безразборной диагностики динамически нагруженных узлов трения, которые позволяют снизить трудоемкость испытаний каждой зубчатой пары на 1,7-2 тыс. чел. часов с экономией электроэнергии 50-60 тыс. кВт час;

- оборудование для гомогенизации СОЖ, сократилось время изготовления СОЖ в 2-3 раза, увеличился срок службы СОЖ в 1,7-2 раза.

Таблица 2

## Научное обеспечение развития местной сырьевой базы

№	Сырьевой источник	Возможные технологии	Получаемый продукт
1	Бурый уголь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• скважинная добыча;</li> <li>• газификация;</li> <li>• биотехнологическое воздействие;</li> <li>• прямое ожигение углей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• водо-угольные дисперсии;</li> <li>• газ;</li> <li>• удобрения;</li> <li>• синтетическое топливо.</li> </ul>
2	Железная руда	<ul style="list-style-type: none"> <li>• скважинная добыча;</li> <li>• новые принципы обогащения.</li> </ul>	• железный концентрат
3	Растительные масла (льняное, рапсовое)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• этерофикация;</li> <li>• полимеризация.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• топливо;</li> <li>• гидравлические жидкости;</li> <li>• клей.</li> </ul>
4	Растительная биомасса (образование второстепенных лесных ресурсов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• биотехнологическая обработка;</li> <li>• брикетирование;</li> <li>• термогазификация;</li> <li>• синтез топлива.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• биогаз;</li> <li>• топливо;</li> <li>• тепло.</li> </ul>
5	Нефть	• интенсификация добычи при помощи микроорганизмов.	• нефть.
6	Горючие сланцы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• скважинная добыча;</li> <li>• газификация;</li> <li>• биотехнологическое воздействие;</li> <li>• прямое ожигение углей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• синтетическое топливо;</li> <li>• мономеры.</li> </ul>
7	Давсониты, фосфориты и т.д.	- //-	• химпродукты.

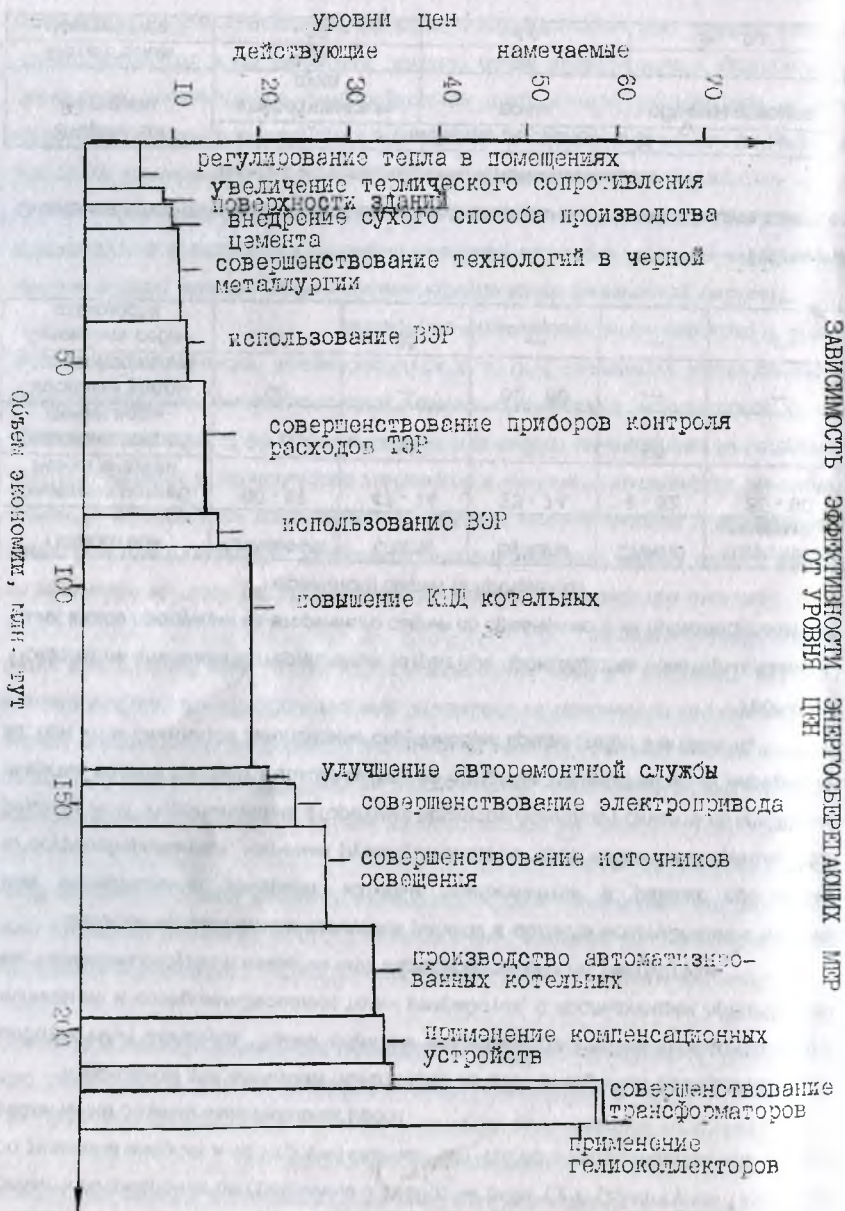
Одним из важнейших резервов повышения эффективности работы народного хозяйства республики является реализация энергосберегающей политики. В

течение текущего года разработано Положение и создан Координационный межведомственный совет по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных энергетических ресурсов.

НАН Беларуси совместно с заинтересованными министерствами, ведомствами и организациями республики разработала план неотложных мер в области энергосбережения на 1999-2000 годы и Координационная межотраслевая программа по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных ресурсов до 2001 г. Программа объединяет работы, выполняемые в рамках фундаментальных исследований, государственных, отраслевых, региональных научно-технических программ в области энергосбережения, отслеживается их внесение и экономия от реализации. Одним из разделов этой координационной программы является «Программа неотложных мер по энергосбережению в Национальной академии наук Беларуси». Основными направлениями деятельности Институтов НАН Беларуси в этой программе являются:

- создание и внедрение замкнутой системы охлаждения индукционных печей;
- создание и внедрение систем автоматического регулирования и учета расхода тепловой энергии в производственных и других помещениях;
- создание и внедрение системы пофасадного регулирования отопления в административных зданиях;
- создание и внедрение системы смешения обратной и подаваемой воды для уменьшения расхода тепловой энергии при отоплении помещений;
- разработка и внедрение гелиосистем для подогрева воды;
- разработка удельных норм расхода топлива и электроэнергии на отпуск тепла;
- внедрение способов экономии энергии на отопление помещений, связанных с системами вентиляции, заменой стекол в оконных проемах на стеклопакеты, заменой теплomagистралей с истекшим сроком эксплуатации на трубы с повышенной теплоизоляцией;
- разработка и внедрение инфракрасных излучателей;
- экономия электроэнергии за счет внедрения экономичных светильников;
- разработка и внедрение систем местного отопления (котельных) с использованием более дешевых видов топлива.

## УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРЫ, РУБ/ТУТ





Выполнение этих и других мероприятий в академии в 1997 г. позволило снизить потребление по сравнению с 1996 г. на 3424 т.у.т. (2941 т.у.т.= 17300Гкал по тепловой энергии и 483 т.у.т.=1449 тыс. кВт час по электроэнергии) при общем увеличении объема выполняемых работ.

В основном эта экономия обеспечена за счет внедрения собственных разработок НАН Беларуси. Таким образом академия становится «полигоном» для испытаний и совершенствования таких разработок, с последующим предложением, наиболее результативных из них, народному хозяйству республики.

Важным направлением являются работы в области использования вторичных материальных ресурсов, которые выполняются в рамках программы «Ресурсосбережение», научным руководителем которой является академик Свириденко А. И. Использование вторичных ресурсов позволяет снизить потребление энергии, воды и требуют меньше затрат на создание мощностей по их переработке, при этом снижается загрязнение окружающей среды (табл. 3 и табл. 4).

Таблица 3

Показатели снижения материальных затрат при производстве некоторых важнейших видов продукции из вторичного сырья по сравнению с их производством из первичного сырья (в процентах)

Показатели	Алюминий	Сталь	Бумага	Стекло	Изделия из пластмасс
Снижение потребления энергии	90 - 97	47 - 74	23 - 74	4 - 32	85 - 90
Снижение потребления воды	---	40	58	50	---
Снижение удельных капложений	90	---	50 - 80	---	---
Снижение себестоимости	60	95	---	---	---

Таблица 4

Снижение техногенного воздействия при использовании 1 тонны отходов по сравнению с использованием первичного сырья

Вторичный материал	Снижение загрязнения, %		
	атмосферы воздуха	воды	объемы отходов
Металлолом	86	76	57
Макулатура	37	44	80 - 90

Для республики важным является использование нетрадиционных сырьевых (растительных, ископаемых, нерудных и т.д.) источников, а также поиск новых принципов создания ресурсосберегающих технологий.

Требуются минимальные затраты, но при этом достигается большой эффект, при создании благоприятных условий (организационных, нормативных, экономических, информационных) для оптимизации ресурсопотребления и ресурсосбережения.

Опыт показывает, что каждый бюджетный рубль, вложенный в разработку ресурсосберегающих проектов, уже в первые 1-2 года позволяет увеличить производство без увеличения энергопотребления. Средний срок окупаемости бюджетных средств - 1-2 года.

Огромны расходы на восстановление машин в результате износа, причем ежегодно они увеличиваются. Большинство машин (85-90 %) выходит из строя по причине износа деталей. Затраты на ремонт и техническое обслуживание машин в несколько раз превышают их стоимость: для автомобилей в 6 раз, для станков до 8 раз, тракторов - 4 раза. На запасные части расходуется более одной пятой выплаваемого металла.

Большие материальные потери народное хозяйство несет от повышенного трения в узлах машин. Больше половины топлива, потребляемого автомобилями, тепловозами и другими видами транспорта, расходуется на преодоление сопротивления, создаваемого трением в подвижных сопряжениях. В текстильном производстве на преодоление трения затрачивается около 80 % потребляемой энергии. В целом потери, связанные с трением и износом машин, для промышленно развитых стран составляют 3-10 %, а из потребляемой промышленностью энергии 15 % расходуется на преодоление сил трения.

Поэтому увеличение срока службы машин и оборудования даже в небольшой степени является огромным резервом снижения материалоемкости и энергоемкости производства и равносильно вводу новых производственных мощностей.

Автотракторосельхозмашиностроение входит в число немногих отраслей, по которым научно-техническая инфраструктура республики является самой остаточной, обеспечивая полный цикл проектирования, исследования, испытаний, производства и эксплуатации новой техники. Заводские КБ и ЭКБ являются конечным звеном этой инфраструктуры, включающей академическую, отраслевую науку, систему подготовки кадров. В области автотракторостроения сложилась

научная школа, возглавляемая директором Научного центра проблем механики машин НАН Беларуси академиком М. С. Высоцким и включающая большой отряд ученых и специалистов промышленности. Объединяющим центром этой школы является Научный центр проблем механики машин - головная организация по государственным программам прикладных и фундаментальных и прикладных исследований «Механика», «Машиностроение», «Белавтотракторостроение». В перечисленных программах участвуют около 80 организаций, в числе которых все ведущие предприятия отрасли, 10 академических институтов, 5 университетов, политехническая и аграрная академии, ряд отраслевых НИИ и КБ.

Таким образом, разработки новой техники в отрасли ведутся в тесной связи с фундаментальными и поисковыми исследованиями.

Этому направлению полностью соответствует программа «Белавтотракторостроение», которая стала одной из первых программ, нацеленных, в соответствии с установками Государственного комитета по науке и технологиям, на создание конкретных видов новой конкурентоспособной техники - автомобилей МАЗ, МЗКТ, БелАЗ, тракторов МТЗ, автобусов МАЗ, двигателей, трансмиссий. В рамках программы заводами автотракторной промышленности с участием научных организаций разработаны и изготовлены новые автомобили, автобусы, трактора, узлы, устройства и приборы.

Созданные образцы новой техники обладают по сравнению с выпускаемой сегодня более высокими технико-экономическими показателями, что повышает их конкурентоспособность и расширяет возможность экспорта. Так, например расчетная экономическая эффективность базовой модели магистрального автопоезда МАЗ нового поколения с тягачом типа 4x2 при годовом выпуске 3500 шт. составляет 527 млрд. руб., в том числе снижение расхода топлива на 8 % даст экономию топлива 25,7 млн. литров на сумму 94,2 млрд. руб. аналогичные показатели по новому автопоезду МАЗ на базе тягача типа 6x4 при выпуске 1500 машин в год равны: прибыль - 300 млрд. руб., экономия топлива 12 млн. литров на сумму 44 млрд. руб., в том числе по республике (при продаже 500 автомобилей) - 4 млн. литров.

Обеспечивается увеличение ресурса модернизированных тракторов МТЗ, повышение эффективности их использования в эксплуатации на 5-7 %, соответствие международным требованиям по эргономике, экологии и безопасности труда. Ожидаемая экономическая эффективность от производства и использования

модернизированного трактора МТЗ-1021 составит 1000,0 млн. руб. в год на одну машину. Производительность трактора МТЗ-1522 для выполнения различных работ в сельском хозяйстве, промышленности коммунальном хозяйстве и строительстве в агрегате с навесными, полунавесными и прицепными машинами по сравнению с существующими аналогами повышается в среднем на 15 %, расход горючего снижается на 12%. Годовой экономический эффект в расчете на одну машину от использования трактора МТЗ-1522 составил в сравнении с тракторами Т-150Л в сопоставимых ценах: на вспашке 127,0 млн. руб., на предпосевной обработке почвы 95,0 млн. руб., на дисковании почвы 137,0 млн. руб.

В рамках программы разработано, изготовлено, отлажено и внедрено в процессы создания и производства новой и модернизации производимой техники большое количество приборов, электронного, контролирующего и управляющего оборудования, программных средств и средств испытаний и автоматизации.

Среди других направлений следует отметить работы по разработке и внедрению тепловых насосов. Это направление успешно развивается в ведущих странах мира в системах нагрева и охлаждения в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте и в жилищно-коммунальном секторе, базирующиеся на паро-компрессорных циклах с использованием хладонов (фреонов). Тепловые насосы позволяют в два раза снизить потребление топлива при получении той же теплотой энергии с помощью котельных установок. Тепловой насос существенно расширяет возможности применения низкопотенциальной энергии за счет рационального ее преобразования. Повышение с помощью насоса потенциала (температуры) низкопотенциального тепла позволяет привлечь «новые» источники энергии, такие как окружающий воздух, грунтовые воды, сбросное тепло промышленных предприятий, которые нельзя было использовать из-за низкой температуры. Вопрос снижения затрат первичной энергии особенно остро стоит для децентрализованных потребителей, использующих сотни тысяч устройств для обогрева, термообработки и горячего водоснабжения - от индивидуальных печей, систем термообработки молока, сушильных установок и электронагревательных приборов до районных котельных.

Многообещающей альтернативой паро-компрессорным фреоновым тепловым насосам являются сорбционные (абсорбционные и адсорбционные) тепловые насосы и аммиачные паро-компрессорные насосы с механическим (газовым) приводом. Для бытовых и сельскохозяйственных целей в ряде стран успешно

разрабатываются парокompрессионные насосы на природном газе (пропан-бутановая смесь) с электроприводом.

Есть основания утверждать, что тепловые насосы и холодильники на твердых сорбентах, использующие энергию природного газа (газовые горелки) являются экологически чистыми, дают существенную экономию электроэнергии и дефицитного топлива по сравнению с аналогичными системами горячего водоснабжения, охлаждения и вентиляции: уменьшается потребление электроэнергии, улучшается чистота окружающей среды, уменьшаются капиталовложения в строительство электрических станций и центральных котельных. Капитальные затраты на строительство тепловых насосов и холодильников на твердых тепловых сорбентах в 2 раза ниже, чем затраты на строительство электрических парокompрессионных насосов.

Существенным является тот факт, что эффективность сорбционных систем превышает эффективность распространенных в настоящее время технологий получения тепла. Под эффективностью использования тепла подразумевается количество единиц тепла или холода получаемых при затрате единицы топлива. В то время как эффективность тепловой электростанции оценивается в 30 %, эффективность парокompрессионного теплового насоса с учетом эффективности электростанции - 0,6, эффективность систем прямого обогрева с помощью бойлера - 0,75-0,9, эффективность сорбционных тепловых насосов равна 1,5-1,6 и есть основания предполагать, что она повысится в ближайшее время до 2,0.

Таким образом для Республики Беларусь тепловые насосы представляют интерес как:

1. Заменители котлов в промышленной энергетике;
2. Системы нагрева, охлаждения и кондиционирования в промышленности;
3. Системы нагрева, охлаждения и кондиционирования в быту.

Для промышленной энергетики и крупных сельскохозяйственных предприятий наиболее перспективными являются аммиачные парокompрессионные насосы с газовым или электроприводом и пропан-бутановые парокompрессионные тепловые насосы с электроприводом.

Разработкой тепловых насосов на твердых сорбентах занимается научный коллектив лаборатории пористых сред АНК «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова» НАН Беларуси под руководством д.т.н., профессора Л. Л. Васильева. В его составе высококвалифицированные специалисты, много лет работаю-

щие над разработкой тепловых труб и теплообменных устройств. В настоящее время здесь ведутся экспериментальные исследования тепловых насосов мощностью 5-20 кВт, работающих на аммиаке (воде) и твердых сорбентах (активированный уголь, хлориды и гидраты металлов, силикагели, цеолиты).

В текущем году значительно активизировалась работа по научному сопровождению такой важнейшей отрасли народного хозяйства как строительная индустрия. Нельзя было признать нормальным ситуацию, когда неэффективно внедряются энерго- и ресурсосберегающие технологии производства и применения дорожно-строительных материалов на основе битумных эмульсий и модифицированных битумов, разработанные Институтом общей и неорганической химии НАН Беларуси. В использовании упомянутых технологий и материалов крайне заинтересованы ПРСО «Минскоблдорстрой», «Гомельоблдорстрой», «Могилевоблдорстрой», другие строительные организации республики.

В академии выполняется и ряд других разработок, направленных на устойчивое развитие экономики и основные из них будут использованы при уточнении направлений энергетической политики Республики Беларусь до 2010 г. и в программе социально-экономического развития республики на период до 2020 года.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Материалы республиканского совещания, состоявшегося 14-15 ноября 1997 г. в г. Могилеве. О стратегии развития промышленного комплекса Республики Беларусь. Минск: Администрация Президента Республики Беларусь, 1997.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 159 от 27.02.1997 г.
3. Ю. М. Плескачевский, А. И. Свириденко, В. В. Кончиц, В. А. Барабась, В. Н. Савицкий. Трибология - промышленности. Основные результаты выполнения ГНТП «Триботехника». Гомель: ИММС НАНБ, 1998.
4. Тезисы докладов 3-ей конференции «Ресурсосбережение и экологически чистые технологии». - Гродно: Гродненская укрупненная типография, 1998.