

Янчилин П.Ф.

Брестский государственный технический университет

## РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРИИ «ПУЛЬСАР» В ОБЛАСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ

На сегодняшний день существует множество различных конструкций для улавливания энергии Солнца. Они являются дорогостоящими и сложными сооружениями, что препятствует их широкому использованию. Таким образом, требуется провести исследования, направленные на увеличение эффективности улавливания солнечной энергии за счет совершенствования, как физических особенностей оптических систем, так и конструктивных разработок, позволяющих уменьшить стоимость оборудования, улучшить эксплуатационные свойства, увеличить надежность гелиооборудования. Эти задачи следует решать как через изучение энергетических процессов, так и созданием новых принципиальных схем и конструкций гелиоустановок [1].

В научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» Брестского государственного технического университета к настоящему времени разработаны под руководством профессора Северянина В.С. на уровне изобретений дальнейшие усовершенствованные конструкции, рассмотрены перспективные пути применения солнечных установок.

### Схемы и конструкции солнечных установок

- Гелиоустановка [2]

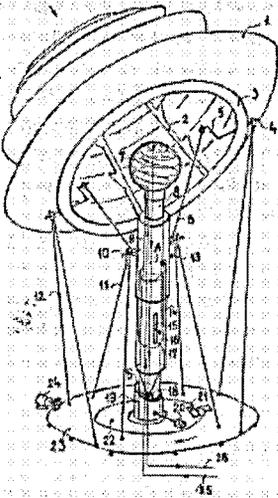
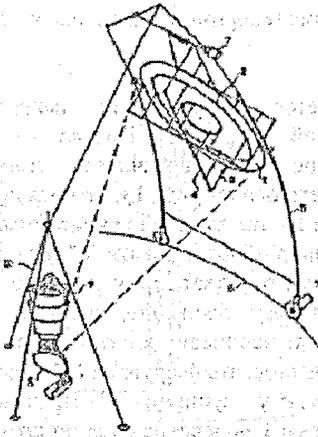


Рисунок 1

## Гелиоустановка

Гелиоустановка относится к коммунальной промышленной теплоэнергетике и может быть использована для нагрева жидких или газообразных теплоносителей, зарядки светоносителей (люминофоров) и работы фотоэлементов. При монтаже и строительстве гелиоустановка ориентируется так, чтобы верхняя часть наклонного верха А цилиндра 14 была направлена строго на юг, верхняя часть верха Б опоры 19 — тоже; при этом в полдень 21 июня конусы 1 своим широким основанием направлены на Солнце так, чтобы фокус лучей лежал на приемнике лучистой энергии 7. Если настройка идет в другое время, надо знать, что угол между зенитом и направлением конусов на Солнце равен широте минус угол наклона оси Земли к плоскости эклиптики ( $23^\circ$ ). Минимальный угол подъема конусов — 21 декабря, полдень. Включается привод 24. Он обеспечивает скорость вращения платформы 23, равную 1 обороту за сутки. Этим задается горизонтальное перемещение системы конусов 1, радиуса 2 и кольца 3. Это перемещение системы 1-3 идет благодаря стойкам 12, которые через оси 4 поворачивают систему 1-3. Одновременно поворотник 11 поворачивает благодаря выступам 10 кожух 9, штифт 13 скользит по наклонному верху А цилиндра 14, под действием веса всей системы 1-3 весь цилиндр опускается (или поднимается), и тяги 6, воздействуя на рычаги 5, поворачивают систему 1-3 вокруг осей 4. Так обеспечивается вертикальное перемещение оптической системы 1-3, а вместе с горизонтальным — суточное слежение за Солнцем для постоянной фиксации фокуса лучей на приемник лучистой энергии 7. Когда прижим 21 проходит над колесом 20, он его поворачивает, колесо прокатывается по основанию 22 так, что увлекает опору 19, поворачивая ее вокруг колонны 8 на  $1/365$  ( $365$  — число дней в году). Коррекция поворота может идти отдельным поворотом колеса 20. Таким образом цилиндр 14, поднимаясь или опускаясь при помощи ролика 18 на наклонном верхе Б опоры 19, щели 15 и стержня 16, поднимает или опускает наклонный верх А — это "сезонная коррекция". Ночью — холостой ход, система 1-3 направлена горизонтально, штифт 13 скользит по горизонтальному участку накладки 17, т.к. цилиндр 14 опущен. Привод 24 работает круглосуточно. Расход энергии минимален, т.к. скорость вращения платформы 23 мала. Холодный теплоноситель по холодной трубе 25 подается насосом в приемник лучистой энергии, там нагревается и выводится из гелиоустановки горячей трубой 26.

- *Солнечный нагреватель [3]*



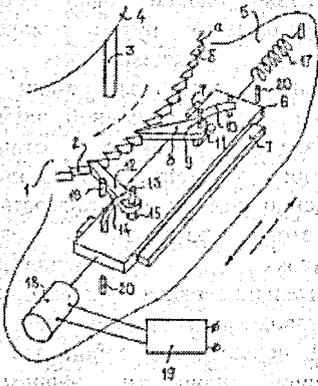
**Рисунок 2 — Солнечный нагреватель**

Солнечный нагреватель может быть использован для высокотемпературного нагрева различных объектов, в частности измельченных пластмассовых бутылок с целью утилизации путем плавления и получения пластмассового литья (строительные элементы, детали машин, аппаратов и т.д.). Основным элементом — линза (это — рефрактор, в отличие от рефлектора). Устройство линзы позволяет существенно снизить ее стоимость (ранее из-за этого фактора в солнечных нагревателях использовались исключительно зеркала — параболические, или составные из многих плоских зеркал). Линза 1 представляет собой две пленки достаточной прочности, например, из полиэтилена, полиуретана, фторопласта, между которыми залита вода (предпочтительно конденсат). Форма поверхностей линзы 1 корректируется и поддерживается кольцами 2, которые могут перемещаться прижимными винтами 3. Линза 1 проверяется на свои оптические характеристики: для этого кольцами 2 при помощи прижимных винтов 3 оптический фокус выводится на площадку 8. На солнце линза 1 ориентируется путем перемещения каркаса 4, который своими проушинами скользит по вертикальным дугам 5, при этом вверх каркас поднимается при помощи двигателя 7 наверху дуги 5, вниз — отключением тормоза на оси этого двигателя. В горизонтальной плоскости линза 1 ориентируется перемещением по горизонтальной дуге 6. Двигатели 7 имеют программное управление для слежения за солнцем в течение светового дня в разные месяцы года. Засыпанный в бункер 9 измельченный материал опускается из устья его в виде столба, заполняя пространство между устьем бункера 9 и площадкой 8. Материал интенсивно прогревается солнечными лучами (известно, что достижима температура в несколько тысяч градусов). Так как фокус не обязательно имеет точечный, то требования к форме поверхностей линзы 1 не столь высокие. Теплота нагретого попутно воздуха передается стенкам бункера 9 через воздушную рубашку. При повороте системы каркаса 4 по горизонтали сохраняется расположение фокуса на площадке 8, благодаря опоре 10, имеющей наверху подшипник на оси поворота. Расплав стекает с площадки 8 в специальные формы или лотки. Предполагаемая производительность 2-3 тонны в час по одной линзе.

• *Привод для гелиоустройств [4]*

Привод гелиоустановки может быть использован в системах азимутальной монтировки гелиоконцентраторов гелиоустановок. Блок управления 19 подает

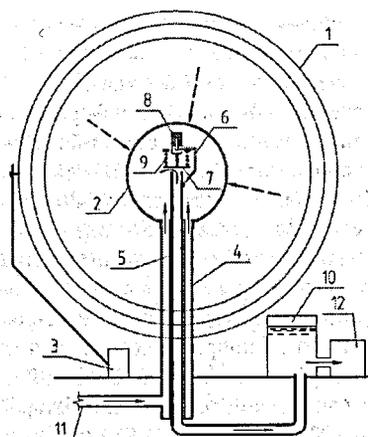
напряжение на соленоид 18 в заданном режиме (например, включение на 0,5-0,8 с через каждые 10-15 мин в течение суток).



**Рисунок 3 — Конструкция механизма привода для гелиоустройств**

Начинается движение по направлению сплошной стрелки. Планка 6 через отверстие 15 поворачивает стопор 12 вокруг его оси стопора 13, отгибая пружину стопора 14, так как стопор упирается в упор 16. Стопор 12 отходит от "б", освобождая вращающуюся платформу 1. Далее планка 6, продолжая движение, выбирает длину паза 11 и начинает двигать ось зацепа 9. Зацеп 8, поджатый пружиной 10, давит на угол между зубцами 2. Вращающаяся платформа 1 поворачивается по штриховой стрелке. Пройдя расстояние, обусловленное ограничителями 20, планка 6 останавливается и при отключении соленоида 18 немедленно пружиной 17 возвращается назад (по штрих-пунктирной стрелке). Зацеп 8 за это время отходит на несколько зубцов назад, стопор 12 в конце этого обратного хода ложится на упор 16 под действием пружины стопора 14, заходя на длинную сторону другого зубца. Так готовится следующий шаг поворота вращающейся платформы 1. Благодаря такому действию происходит ступенчатый ("цифровой") поворот гелиоконцентратора 3 в горизонтальной плоскости, с фиксацией его расположения в период времени между включением соленоида 17 во избежание случайных нерасчетных поворотов (ветер, толчки, проскоки).

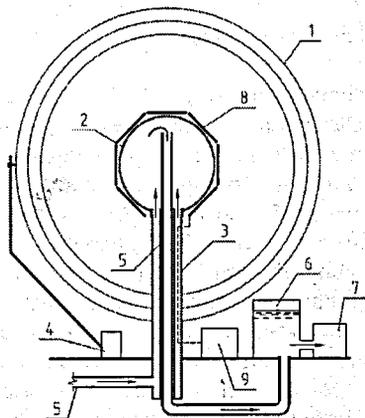
- Солнечная установка с термостатом [5]



**Рисунок 4 — Гелиоустановка с термостатом**

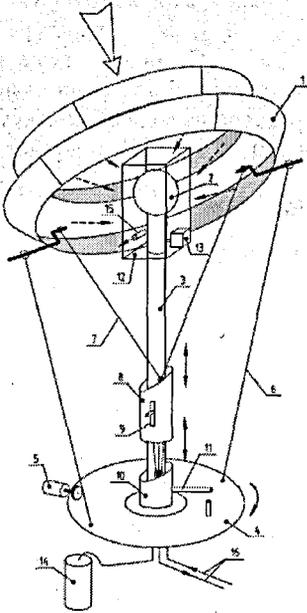
Гелиоустановка может быть использована для производства теплоты в коммунальном и сельском хозяйстве для получения горячей воды различного назначения. Гелиоконцентратор 1 из комплекса конусных зеркал направляется на Солнце, чтобы сфокусировать лучи на внешней поверхности теплоприёмника 2. Механизм поворота 3 включён круглосуточно (действует непрерывно или импульсами); ночь — холостой ход, его длительность задаётся механизмом поворота 3, как у прототипа. По колонне 4 вверх подаётся холодная вода, во избежание охлаждения выходная труба 5 покрыта теплоизоляцией. Вода от излучения нагревается (порядка 50-90°C), поэтому термостат открывает проход воды на выходную трубу 5. В теплочувствительном элементе 8 нагретое вещество расширяется, и он выдавливается из штока, закрепленного на корпусе термостата 6, теплочувствительный элемент 8 тянет вверх клапан 7, вход в выходную трубу 5 открывается и нагретая вода начинает течь в неё. Если температура внутри полости теплоприёмника 2 падает (нет Солнца), вещество в теплочувствительном элементе 8 сжимается и пружина 9 отпускает клапан 7 на торец выходной трубы 5. Так перекрывается недогретая вода в бак-аккумулятор 10. Водопровод 11 подключён постоянно и потребитель 12 получает только горячую воду.

- Когенерационная гелиоустановка [6]



**Рисунок 5 — Когенерационная гелиоустановка**

Данная конструкция может быть использована для производства электроэнергии и теплоты в системах энергоснабжения, например небольших зданий, сигнальных, информационных, коммуникационных и других сооружений и устройств. Гелиоконцентратор 1 механизмом поворота 4 наводит солнечные лучи на поверхность теплоприёмника 2 со всех его сторон. По трубам 5 через колонну 3 подводится вода, она нагревается в теплоприёмнике 2, выводится в бак-аккумулятор 6 и далее — тепловому потребителю 7. В солнечных батареях 8 вырабатывается постоянный электрический ток и через систему регулирования (блокировки, распределители и т.д.) подаётся потребителю электроэнергии 9. Солнечные батареи 8 нагреваются от солнечных лучей, но теплопроводностью, лучистым и конвективным теплообменом отдают теплоту стенке теплоприёмника 2 и далее — теплоносителю в нём, происходит охлаждение солнечных батарей 8 и передача тепла тепловому потребителю 7. Особенность действия данной установки — срабатывание энергии высокого потенциала сначала в солнечных преобразователях, а остаток энергии, прошедшей в виде теплового потока через фотоприёмники, передаётся охлаждённому теплоносителю. Так реализуется принцип когенерации. Тепловому потребителю отдаётся энергия материального или энергетического потока, который вначале выработал высокий потенциал (на ТЭЦ: сначала вырабатывается электроэнергия на турбогенераторах, а оставшаяся энергия пара отдаётся на теплофикацию).



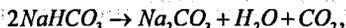
• Солнечная установка с теплоизолированным теплоприёмником

**Рисунок 6 — Гелиоустановка с теплоизолированным теплоприёмником**

Гелиоконцентратор 1 своими зеркальными конусами направляет солнечный поток на теплоприёмник 2. Гелиоконцентратор 1 при помощи привода 5, поворотной платформы 4, стоек 6, тяг 7 «обходит» вокруг теплоприёмника 2 по горизонтали, а при помощи цилиндра 8, перемещающегося по щели 9, и опоры 10, управляемой рычагом 11, — по вертикали, т.е.

учитывается как суточный, так и годовой ход Солнца. Как известно, парниковый эффект заключается в пропускании газовым слоем всего спектра

излучения Солнца и задержании инфракрасной (тепловой) части обратного, отражённого светового потока, излучаемого нагретого прямым потоком тела. Прозрачный колпак 12 работает, во-первых, как газоздушный теплоизолятор, так и, во-вторых, как термосопротивление для лучистого обратного теплотокота, т.е. уменьшается теплоотдача наружу (теплотери) от теплоприёмника 2 конвекцией и радиацией. Так как тепловое излучение здесь идёт в основном в инфракрасном спектре, то необходимы трёхатомные газы, поглощающие эти лучи. Внутренний источник парниковых газов 13 при прямом нагреве Солнцем и отражённым инфракрасным потоком выделяет двуокись углерода и пары воды:



т.е. полость колпака 12 заполняется средой, удерживающей обратное излучение теплоприёмника 2. Можно использовать и другие газы (метан  $\text{CH}_4$  и т.д.), которые следует подавать из внешнего источника парниковых газов 14, открывая вентиль на нём для подачи парникового газа 15. Более того, в колпаке могут быть различные поглотители, а так же добавочные внешние прозрачные колпаки. Такая защита от теплотерь дешевле вакуумирования полости колпака 12, особенно в обычных эксплуатационных условиях. Нагретый теплоноситель насосом подаётся тепловому потребителю и возвращается от него теплопроводами 16.

### Новые применения солнечных установок

- Система освещения [7]

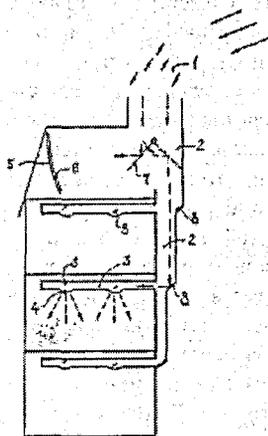


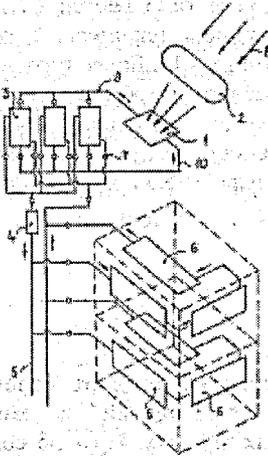
Рисунок 7 — Схема системы освещения

Система освещения может быть использована для освещения помещений в жилых и производственных зданиях. Прямые солнечные лучи или рассеянный свет светоприемником 1 направляется в перископ 2. Зеркалами 8 свет подается в горизонтальные световоды 3. Зеркалами 8 над осветителями 4 свет линзы попадает в помещения и создает необходимое освещение. Одновременно на слой люминофора 6 на поверхности 5 поворотными зеркалами 7 также подается часть светового потока солнечных лучей, люминофор поглощает свет, производится аккумуляция световой энергии. После ослабления Солнечного излучения (вечер, тучи) зеркала 7 автоматически или по заданному графику поворачиваются на  $90^\circ$  и, воспринимая излучение (фосфоресценцию) от слоя люминофора 6, передают его в перископ 2 и далее в световоды 3. Таким образом, после

дневной подзарядки система освещения обеспечивает ночное освещение помещений без потребления электроэнергии. Отключение освещения производится перекрытием штор (жалюзи) на осветителях 4.

• *Способ освещения помещений и объектов [8]*

Способ освещения помещений и объектов относится к инженерно-техническому оборудованию зданий и сооружений и может быть использован как для освещения помещений в обычных гражданских объектах, так и в специальных (подземные сооружения, заглубленные сооружения на безатмосферных телах, подводные объекты, космические постройки, а так же рекламные, пропагандистские и т.д. установки).

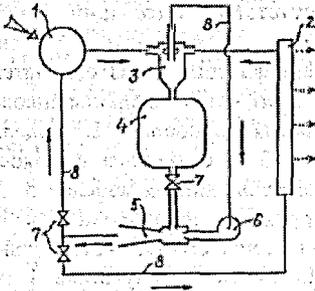


**Рисунок 8 – Принципиальная схема освещения**

Люминофор в устройстве для экспозиции 1, имеющем прозрачную стенку, облучается солнечными лучами. Солнечный свет 8 для интенсификации облучения собирается концентратором 2 в пучок, который подается на устройство для экспозиции 1. Так как жидкий люминофор под воздействием солнечных лучей запасает не только световую, но и тепловую энергию, он нагревается, его плотность несколько уменьшается, возбужденный люминофор 9 поднимается и поступает в емкости 3. Так как в емкостях 3 имеется и отработанный, охлажденный люминофор 10, он по трубам поступает снизу в устройство для экспозиции 1, т.е. реализуется естественная циркуляция, благодаря которой люминофор постоянно движется и заряжается световой энергией, при этом увеличивается его свечение. Интенсивность естественной циркуляции зависит от движущего напора, равного произведению разности плотностей люминофора до и после устройства для экспозиции 1 и высоты участков с разными плотностями. Заряженный светом люминофор насосом 4 попадает в осветительные приборы 6 и производит освещение помещений, излучая световую энергию через прозрачные стенки осветительных приборов 6. Из осветительных приборов 6 люминофор под действием насоса 4 снова поступает в емкости 3. Потoki люминофора направляются и регулируются вентилями 7. Все емкости могут быть заполнены одним люминофором или каждая емкость может быть предназначена для определенного люминофора, чтобы можно было изменять цветность освещения помещений.

• Солнечная установка с порошкообразным люминофором [9]

Гелиоустановка может быть использована для освещения внутренних помещений, как при наличии солнечного излучения, так и в промежутке между ними (ночь, тучи, туман), благодаря запасенному люминофору излучению во время инсоляции.



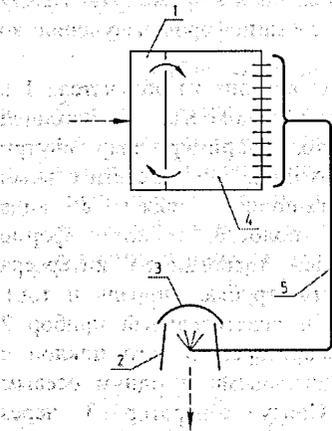
**Рисунок 9** – Принципиальная схема гелиоустановки с порошкообразным люминофором

Гелиоустановка состоит из облучателя 1 в виде прозрачной полости, подлежащей инсоляции (это, например, шар внутри гелиоконцентратора).

Осветительный прибор 2 выполнен также в виде прозрачной полости, по форме соответствующей требованиям интерьера (шар, плоскость, трубка, спираль и т.д.). Облучатель 1 и осветительный прибор 2 связаны с сепаратором 3 (это циклон с двумя тангенциальными и одним осевым патрубком). Снизу сепаратор 3 через отверстие связан с емкостью 4. Под ней монтируется инжектор 5 соплового типа, подключенный к вентилятору 6. Шиберы 7 установлены на трубопроводах 8, связывающих элементы гелиоустановки. В

емкость 4 засыпается порошок люминофора (это, например, сульфид цинка, активизированный медью, или иттрийалюминиевый оксид, легированный редкоземельными элементами; порошок в виде частиц размером 50-100 нм, удельной поверхностью 70-120 м<sup>2</sup>/г). Облучатель 1 устанавливается в режим инсоляции, открывается шибер между инжектором 5 и облучателем 1, включается вентилятор 6. Благодаря действию струи воздуха (или другого газа, которым предварительно заполняется вся система) под емкостью 4 создается разрежение. Открывается шибер под емкостью 4, порошок увлекается струей и подается в облучатель 1, где идет зарядка люминофора. После облучателя 1 поток воздуха подает порошок в сепаратор 3. Взвешенные частицы центробежной силой отбрасываются на стенку и стекают вниз и далее — в емкость 4. В ней сверху накапливается облученный люминофор, а снизу выбирается инжектором необлученный. Так в емкости 4 собирается светящийся порошок. При окончании инсоляции (вечер) шиберы на облучатель и на инжектор закрываются, вентилятор отключается. Система готова к работе в режиме освещения. Для этого открывается шибер 7 на трубопроводе 8 на осветительный прибор 2, включается вентилятор 6, открывается шибер на инжектор 5, и светящийся порошок из емкости 4 движется при помощи инжектора 5 воздушной струей в осветительный прибор 2, из него — в сепаратор 3, отделяется от воздуха, возвращается в емкость 4. Проходя по 2, люминофор освещает соответствующее помещение. Кроме попеременного, возможно параллельное включение облучателя 1 и осветительного прибора 2.

• Гелиоустановка со световолоконным световодом [10]



**Рисунок 10** —  
**Принципиальная схема**  
**солнечной установки со**  
**световолоконным световодом**

Гелиоустановка относится к инженерно-техническому оборудованию зданий и сооружений и может быть использована для освещения различных объектов, особенно при отсутствии инсоляции, за счет запасённой световой энергии. Гелиоустановка состоит из облучателя 1 с прозрачной стенкой со стороны инсоляции и осветительных приборов 2, содержащих отражатели 3 и связанные с емкостью 4 концы световолоконных кабелей 5. Другие концы (торцы) световолоконных кабелей 5 заделаны в стенке емкости 4. Под действием солнечных лучей в облучателе 1 жидкий люминофор заряжается световой энергией. За счет нагрева жидкость становится несколько легче, и осуществляется циркуляция её по контуру 1-4, т.е. емкость 4 заполняется заряженным люминофором. Люминофор через торцы световолоконных кабелей 5 передает свет в осветительный прибор 2, торцы кабелей 5 освещают отражатель 3, который распространяет свет на требуемый объект. При отсутствии инсоляции торцы кабелей 5 воспринимают свет из массы в объеме емкости 4, в течении времени свечения люминофора.

Предложенные схемы и конструкции, разработанные в лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ, дают примеры снижения капитальных и текущих затрат в солнечной энергетике, повышения эффективности действия солнечных установок, возможности сохранения и утилизации теплоты. Впервые предложена и разработана конструктивная схема накопления света как жидким, так и порошкообразным люминофором, что приведет к существенной экономии электроэнергии на освещение, которое является весьма энергоемким.

**Список литературы**

1. Возможности использования солнечной энергии в Республике Беларусь. Северянин В.С., Тимошук А.Л. // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2007. — № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. — С. 37–41.
2. Гелиоустановка: патент 3998 Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № и 20070327 заявл. 02.05.2007.
3. Солнечный нагреватель: патент 934 Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № и 20020319 заявл.

01.11.2002.

4. Гелиоустановка: патент 6003 Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / Северянин В.С., Янчилин П.Ф.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № и 20090647 заявл. 23.07.2009.

5. Гелиоустановка: патент 6325 Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / Северянин В.С., Янчилин П.Ф.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № и 20090995 заявл. 25.11.2009.

6. Когенерационная гелиоустановка: Положительное решение от 02.11.2011, № и 20110511 от 2011.06.23

7. Система освещения: патент 6524 С1 Респ. Беларусь, МПК F 21 S 11/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № а 20000953 заявл. 2000.10.24, 2004.09.30.

8. Способ освещения: патент 6369 С1 Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № а 20000955 заявл. 2000.10.24, 2004.09.30.

9. Гелиоустановка: патент 6889 U Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / Северянин В.С., Власова Т.А.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № и 20100484 заявл. 21.05.2010.

10. Гелиоустановка: патент 6939 U Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / Северянин В.С., Янчилин П.Ф.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № и 20100555 заявл. 14.06.2010.

Овсяник А. В.

Шитик С. В.

**УО «Брестский государственный технический университет»**

## **О НЕЗЫБЛЕМОСТИ ЗАКОНОВ ТЕРМОДИНАМИКИ**

### **ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ БЕЛАРУСИ**

Не зря теплогенератор ЮРЛЕ, изобретенный в Молдавии, стал испытываться в нашей республике. Беларусь может обеспечить своими энергоресурсами не более 10% своих энергетических потребностей. Наше ископаемое топливо - это нефтяные месторождения в Гомельской области, торф на юге республики и незначительные запасы бурого угля. Поэтому республика вынуждена закупать топливо из-за рубежа, в основном в Российской Федерации. Вследствие этого чрезвычайно важной задачей является выявление по возможности всех путей энергосбережения, экономии топлива, замены топлива другими энергоресурсами. Поэтому для нас весьма интересны все предложения на эту тему.