

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 2, Number 32 (2016), 21 – 27

**TRANSFER MECHANISM IN POWER DIVIDER,
RUNNING IN THE MASS FORCES AREA,
USED FOR FRUIT TREES THERMAL PROTECTION**

A.A. Genbach, M. Nurjan

Almaty university of energy and connection

Keywords: operating pressure, capillary circular clearance, power divider for thermal protection, fruit-trees.

Abstract. The mechanism proposed by the authors of the capillary-porous device intended for cooling and heating the soil by the circular power divider. We investigated the value of the excess cooling liquid and a method for supplying a capillary-porous structure on the rate of heat transfer. It is shown that the optimum for all of these structures is the coolant flow rate and creating subcooling stream. The latter allows you to increase the intensity of heat and expand the area to be allocated specific heat loads, compared with the heat pipes. This result is explained by the mass forces that contribute to greater vapor removal of bubbles from the heating zone with the destruction resulting steam volumes inside the structure, as evidenced by optical observations. Research work shows the advantage of the test apparatus of the thin-membrane evaporators, in which the flow rate by one to two orders of magnitude higher. It is given the analysis of the total temperature difference and the driving pressure drop. Work has shown high activity of capillary-porous system and it is recommended in the design of such cooling and heating for the purpose of the thermal protection of fruit trees. To identify the mechanism of heat transfer it was used thermal-hydraulic characteristics of vaporization. The analysis was conducted for the physical model of heat transfer in a perfect cell structure from its infancy to its bubble "death" until the heat of the crisis.

УДК 631.344. (088.8)

**МЕХАНИЗМ ТЕПЛООБМЕНА В ЭНЕРГОРАЗДЕЛИТЕЛЕ,
РАБОТАЮЩЕГО В ПОЛЕ МАССОВЫХ СИЛ,
ИСПОЛЬЗОВАННОГО ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ
ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

А.А. Генбач, М. Нуржан

Алматинский Университет Энергетики и Связи

Ключевые слова: кольцевой энергоразделитель, теплообмен, фазы, тепловая защита, паровой пузырь, массовые силы.

Аннотация. Исследован механизм предлагаемого авторами капиллярно-пористого аппарата, предназначенного для охлаждения и нагрева почвы кольцевым энергоразделителем. Исследовалась величина избытка охлаждающей жидкости и способа подвода к капиллярно-пористой структуре на интенсивность теплообмена. Показано, что оптимальным для всех исследованных структур является расход хладагента, создающий скорость и недогрев потока. Последнее позволяет повысить интенсивность теплообмена и расширить область отводимых удельных тепловых нагрузок по сравнению с тепловыми трубами. Полученный результат авторами объясняется наличием массовых сил, способствующих более активному отводу паровых пузырей из зоны обогрева с разрушением образующихся паровых объёмов внутри структуры, что доказывается оптическими наблюдениями. В работе показано преимущество исследуемого аппарата над тонкоплёночными испарителями, в которых

расход жидкости на один-два порядка выше. Дан анализ общего температурного напора и движущего перепада давления. Проведённые исследования показали высокую активность капиллярно-пористого аппарата и рекомендуются при проектировании подобных систем охлаждения и нагрева с целью тепловой защиты плодовых деревьев. Для выявления механизма теплопередачи использовались термогидравлические характеристики парообразования. Анализ проведён для физической модели теплообмена в идеальной ячейке структуры от стадии зарождения пузыря до его «гибели» вплоть до кризиса теплообмена.

Актуальным вопросом является управление развитием растений с целью получения ежегодных высоких урожаев за счет управления фенофазами [1-8]. Нами разработан способ тепловой защиты и управления фенофазами плодовых деревьев для задержания цветения. Он включает транспортирование тепла нижних слоев грунта с помощью теплоносителя [1-3].

С целью обеспечения устойчивых ежегодных урожаев в зоне рискованного земледелия задержанием их начала цветения, на весь период поздней осени, зимы и ранней весны и интенсификации тепломассообменных процессов, перераспределяют, стабилизируют и поддерживают температуру в объеме почвы, занимаемой корневой системой, от нуля до минус 1° С путем переноса глубинного тепла грунта к поверхности почвы и от поверхности в её глубину холода циркуляцией в нём от слабонасыщенного до перенасыщенного состояния раствора в зависимости от климатических условий.

Предлагается устройство кольцевого энергоразделителя, которое позволяет изменить фенологические периоды, т.е. управлять фенофазами жизнедеятельности растений, вызвать изменение сроков цветения, темпов роста, сократить вегетацию отдельных органов, не подвергая риску гибели цветков от заморозков [1-3].

Это достигается за счет размещения энергоразделителя целиком в грунте так, что верхняя часть почвы будет передавать холод нижней, где расположена основная масса корневой системы, замораживая его до минус 1° С и, вместе с тем, обогревая глубинным теплом грунта верхнюю часть почвы, исключая от подмерзания корни деревьев, размещенные близко к поверхности почвы. Такой способ является актуальным для получения ежегодных высоких урожаев за счёт управления фенофазами цветения деревьев [4-8].

Требуется исследовать теплопередачу в системе: стенка энергоразделителя - пористая структура с кипящей жидкостью - пар.

Общий температурный напор имеет вид:

$$\Delta T_{об} = (T_{гор} - T_n^u) + (T_n^u - T_n^k) + (T_n^k - T_{хол}).$$

Наиболее слабым звеном в уравнении является перепад температур $(T_{гор} - T_n^u)$, который может резко ограничить теплопередающую способность системы охлаждения (нагрева).

В случае, когда задан тепловой поток Q , общий перепад температур $\Delta T_{об}$ можно считать постоянным. Эффективность работы пористой системы энергоразделителя будет определяться перепадом температур между стенкой охлаждающего элемента $T_{стн}$ температурой пара T_n в нем. Таким образом, необходимо выявить, при каких перегревах стенки относительно температуры пара возможно наступление кризиса теплопередачи по переносу массы и тепла.

Принятые обозначения:

$T_{гор}, T_{хол}$ - температуры горячего и холодного источников;

T_n^u, T_n^k - температуры пара в испарителе и конденсаторе.

Возникновение интенсивного процесса кипения в структуре, находящейся в кольце энергоразделителя, объясняется быстрым перегревом плёнки относительно температуры пара (рис.1). Сама же структура может формировать большое количество центров парообразования. Из условия равновесия сил для парового пузыря сферической формы определяется размер критического радиуса пузыря $R_{кр}$ соответственно на скелете структуры, прилегающим к стенке, и на поверхности нагрева энергоразделителя. Величина $R_{кр}$ фиксировалась с помощью скоростной киносъемки [10,13].

Увеличение перегрева жидкости и давления уменьшают значение $R_{кр}$, увеличивают общее число действующих центров парообразования, что приводит к более интенсивному

перемешиванию жидкости в двухфазном перегретом пограничном слое и интенсификации теплообмена.

Ухудшение отвода тепла при некотором значении теплового потока связано с достижением определенной интенсивности парообразования, возникновением паровых объемов (конгломератов), которые затрудняют подвод жидкости к локальным зонам поверхности нагрева, как это наблюдается при кипении жидкости в большом объеме.

Жидкая пленка в таких зонах начинает пульсировать и частично пересыхать, периодически оголяет поверхность и уменьшает ее долю, участвующую в отводе тепла. Гравитационные силы, создающие избыток жидкости, должны отодвинуть кризисные явления теплообмена за счет надежной организации циркуляции жидкости и пара в пористой структуре, интенсивного отвода паровых объемов из нее и заполнения ячеек структуры вновь поступающей жидкостью из ядра стекающего относительно холодного потока [14].

Коэффициент теплообмена зависит от паросодержания в пористом слое и гидродинамических эффектов, связанных с движением и парообразованием пленки перегретой жидкости в пузырьки. Можно полагать, что микрослой перегретой жидкости находится в пульсирующем режиме работы и контакт со стенкой, в общем случае, осуществляется пароводяной смесью, что приводит к увеличению термического сопротивления слоя.

Имея большие перегревы жидкости в пограничном слое, решающее значение для форсировки теплообмена приобретает обеспечение надлежащего перепада давления ($T_{гор} - T_n^u$), что достигается комбинированным действием гравитационных и капиллярных сил. При этом работа L , затрачиваемая на образование сферических пузырьков, равна

$$L = 16\pi\sigma^3 / 3\Delta P^2 = 16\pi\sigma^3 T_n^2 / 3(rQ_n\Delta T)^2.$$

Из уравнения видно, что уменьшая $R_{кр}$, увеличивая перепад давления и температуры ΔP и ΔT , можно уменьшить работу L . Однако при определенном ΔT может наступить тепловая

неустойчивость процесса и переход к плёночному кипению.

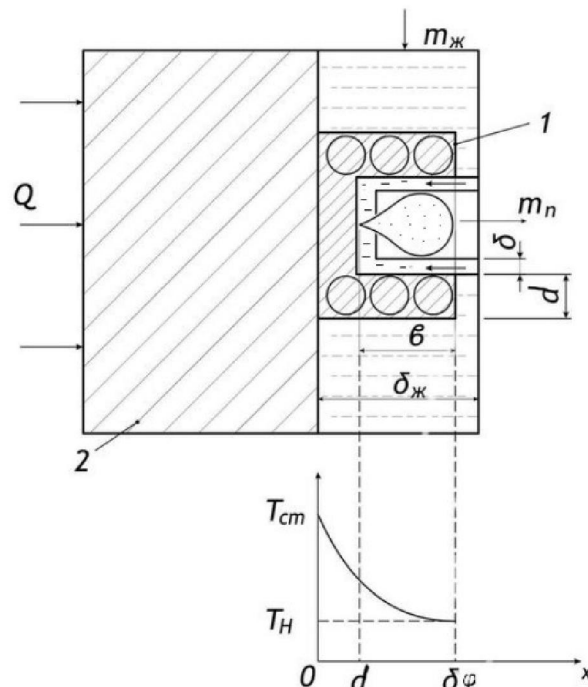


Рисунок 1 – Физическая модель процессов тепломассопереноса в ячейке капиллярно-пористой структуры 1: Q – тепловой поток, подводимый к стенке 2 энергоделителя; $m_{ж}$, m_n – расходы жидкости и пара; $T_{ст}$, T_n – температура стенки и насыщения, $\delta_{ж}$, δ – толщина жидкости и микроплёнки; b – ширина ячейки; d – диаметр зерна (проволоки).

Принятые обозначения:

σ - коэффициент поверхностного натяжения, H/M ; g - теплота парообразования, $D_{жс}/k_2$; g_n - плотность пара, $кг/м^3$.

Работа L_s , при наличии дополнительных центров парообразования за счет скелета структуры, может оказаться еще меньшей за счет облегченных условий образования межфазной поверхности. Однако следует ожидать, что форма паровых пузырей будет отличаться от сферической.

Таким образом, устойчивость и интенсивность теплообмена в исследуемой системе охлаждения (нагрева) определяется наличием жидкостной прослойки δ под паровыми пузырями. При кипении происходит беспорядочная турбулизация пограничного слоя возникающими, растущими и лопающимися пузырями. Тепло путем теплопроводности передается через пульсирующую жидкостную прослойку δ (пленку), смачивающую обогреваемую стенку и находящуюся под паровыми пузырями, и за счет парообразования g переносится в пузыри. Увеличение турбулизации пограничного слоя и повышение устойчивости пульсирующей пленки жидкости за счет избытка $\tilde{m} = m_{жс}/m_n$ приводит к возрастанию коэффициента теплообмена и расширению предела теплопередающей возможности системы охлаждения (нагрева) Q .

Пузырь, зарождающийся в ячейке парообразования сетчатой структуры со стороны b , через некоторый промежуток времени, в зависимости от давления и толщины структуры, может коснуться своей поверхностью проволочек сеток [13]. После испарения мениска на поверхности раздела пузыря давление пара в пузыре P_n становится равным давлению в паровом объеме системы. Тогда давление в жидкости у поверхности пузыря будет больше, чем у поверхности мениска и проявится впитывающее действие ячеек менисками большей кривизны на сетке, что вызовет вновь увеличение размера пузыря, которое длится до тех пор, пока кривизна менисков на сетке не сравняется с кривизной пузыря.

Только после такого пульсирующего поведения пузыря становится возможным приток новых порций конденсата за счет капиллярных сил. Силы тяжести g будут дополнительно подпитывать ячейку генерации пара. В результате этого действующий напор ΔP , необходимый для преодоления суммарного падения давления в паровом и жидкостном потоках, будет соответствовать кривизне мениска, определяемого половиной ширины ячейки сетки на просвет $b/2$.

Паровой пузырь начнет распространяться в направлениях от стенки, поскольку сетка представляет регулярные центры ядрообразования.

Если перегрев жидкости ΔT , усиливаемый за счет теплопроводности скелета структуры, достигнет такой величины, когда поверхность пузыря коснется мениска жидкости, то между поверхностями нагрева и жидкости, как и в тепловых трубах, образуется открытый паровой канал, по которому начнется выравнивание избыточного давления в пузыре.

В области предельных перегревов жидкости $\Delta T_{пр}$ пузырь расширяется вдоль теплообменной стенки, что активизирует новые центры парообразования и может привести к образованию сплошной паровой пленки вдоль стенки. Уменьшение объема пузыря будет возможно только до тех пор, пока радиус кривизны образующейся поверхности раздела между проволоками сеток (радиус пузыря) не станет меньше или равным радиусу кривизны мениска жидкости. Тогда начнется подвод жидкости к менискам из ячеек питания. Этому способствуют гравитационные силы g , создающие избыток жидкости \tilde{m} .

Паровой пузырь на поверхности нагрева будет расширяться в направлении к мениску жидкости во все время его роста, а паровой канал от стенки до свободной поверхности останется открытым. С поверхности пузыря будет испаряться необходимое количество жидкости для поддержания избыточного давления в пузыре. Паровой пузырь, являясь мощным стоком тепла, мешает дальнейшему своему росту.

Избыток жидкости \tilde{m} в сечение структуры увеличивает отвод максимальных тепловых потоков $Q_{макс}$, поскольку при соответствующих размерах пор уменьшается опасность образования пленки на стенке, т.к. для облегченного распространения пузыря до свободной поверхности жидкости создаются большие ее перегревы ΔT . К тому же наличие гравита-

ционных сил \mathcal{G} позволяет применять сетки с крупными ячейками b , которые работают как паровые каналы, регулярно распределенные по поверхности.

Однако и в этом случае при определенном температурном напоре ΔT_{np} температура проволок и стенки может достигнуть значения, соответствующего предельному перегреву жидкости, когда теплоноситель не будет больше существовать в жидкой фазе на поверхности стенки и смачивать ее, а микропенка начнет свертываться в микрокапли. Происходит смена режима испарения микропенки в паровой пузырь на режим конвективного теплообмена парожидкостного дисперсоида, который при столкновении с поверхностями каркаса и стенки не смачивает их. Аналогичное явление имело место в порошковых и волокнистых материалах.

Описанный кризис кипения носит термодинамическую природу, когда состояние жидкости неустойчивое и она может самопроизвольно распасться. Для воды при атмосферном давлении предельный перегрев составляет около 210 °С и быстро уменьшается с возрастанием давления, что имело место в

исследованной системе охлаждения [10,13,14] при высоких удельных тепловых потоках q .

Видимо, при движении кипящей пленки жидкости сказывается влияние гидродинамического воздействия потоков на условия отрыва паровых пузырей. Интенсификация процесса парообразования в этом случае выражается в срыве некоторого количества пузырьков раньше, чем они достигнут величины отрывного диаметра d_0 . В этих условиях происходит искажение угла смачивания, что в итоге облегчает доставку новых порций "холодной" жидкости, придавая устойчивость пульсирующей жидкостной пленке [10,13].

С увеличением тепловой нагрузки q растет интенсивность процесса парообразования и частоты пульсации паровых пузырей, происходит *уменьшение* толщины $\delta_{огр}$ граничного слоя. Основная часть тепла переносится за счет парообразования γ в тонких перегретых пленках жидкости, находящейся на стенке, и частично внутри ячеек структуры. Тогда коэффициент теплообмена $\alpha \sim \lambda_{эф} / \delta_{жс}$.

Величина $\lambda_{эф}$ должна зависеть от паросодержания в пористом слое и гидродинамических эффектов, связанных с движением и парообразованием пленки перегретой жидкости в пузыри. Микрослой перегретой жидкости вблизи обогреваемой поверхности находится в пульсирующем режиме и его контакт со стенкой осуществляется пароводяной смесью, что приводит к увеличению термического сопротивления слоя (особенно при развитом пузырьковом режиме кипения). Величина $\delta_{жс}$ будет выражаться через толщину пористой структуры $\delta_{ф}$ как: $\delta_{жс} = n\delta_{ф}$, где n - коэффициент заполнения; $n \gg 1$ - для однослойных структур и невысоких тепловых потоков; $n < 1$ - для многослойных структур.

При высоких тепловых нагрузках q следует учитывать влияние гидродинамики жидкостных и паровых потоков внутри структуры, т.к. паровые пузыри в порах начнут расти не в виде сфероидов, как это имеет место при кипении жидкости в большом объеме u в тонкопленочных испарителях, а в виде сложных форм, затрудняющих эвакуацию пара из структуры и ограничивающих подвод соответствующих порций "холодной" жидкости к обогреваемой стенке. Это приведет к росту перегрева стенки относительно температуры пара, снижению интенсивности теплообмена α и к приближению кризисных явлений.

Стекающий вдали от стенки слой жидкости (в толще структуры и частично на ее поверхности в микроаккумуляторах прижимного устройства), создаваемый движущим напором ΔP , будет несколько недогретым относительно температуры пристенного слоя жидкости. В связи с этим жидкость стекающего потока устремляется к стенке, вытесняя двухфазную смесь и, тем самым, снижая ее толщину и термическое сопротивление, приводит к частичному разрушению паровых пузырей еще до их отрыва от стенки и прилегающей к ней пористой структуры. Более глубокое проникновение ядра потока к стенке интенсифицирует процессы теплообмена, затягивая наступление кризиса кипения [13].

Однако при определенных тепловых нагрузках q может произойти потеря устойчивости пристенного пульсирующего жидкостного слоя, запираание паровыми пузырями ячеек сетки, прекращение доступа жидкости к зоне нагрева, что приведет к существенному росту тер-

мического сопротивления, и пережогу стенки. И хотя будет велико число и интенсивность центров парообразования n , резко упадет эффект турбулизации, ухудшится отвод пара из структуры, (см.рис.1.).

Уточнение и подтверждение предложенного механизма тепломассопереноса в сетчатых структурах, работающих с избытком жидкости, осуществлено с помощью визуализации [10,13,14].

Исследование капиллярно-пористых систем, выполненными интегральными и оптическими методами [10,13,14], с учётом классических теорий расчётов [20,21] позволили создать методику расчёта энергоразделителя [3].

Области применения и теплотехнические характеристики энергоразделителя относятся к решению продовольственной программы в агропромышленном комплексе и представлены в работах [9,11,12,15-19].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Генбач А.А., Нуржан М. Способ тепловой защиты и управления фенофазами плодовых деревьев с помощью энергоразделителя. //Научный журнал "Поиск", 2013г., - С 5.
- [2] Генбач А.А., Нуржан М. Кольцевой энергоразделитель для тепловой защиты и управления фенофазами плодовых деревьев. //Научный журнал "Поиск", 2013г., - С 5.
- [3] Генбач А.А., Нуржан М. Расчёт энергоразделителя для тепловой защиты плодовых деревьев. //Научный журнал "Поиск", 2013г., - С 5.
- [4] Цветков Е.И. Большой справочник садовода. - М.: Центрполиграф, 2010. 351с.
- [5] Волкова Н.К. Сад и ягодник. (Справочник) Алма – Ата: Кайнар, 1989.220с.
- [6] Ситкников В.Ф., Исин М.М., Адриянова Г.П. Книга садовода - любителя. Алма - Ата: Кайнар, 1988, 240с.
- [7] Черепашин В.И. Обрезка плодовых деревьев в интенсивных насаждениях. –М: Росаргопромиздат, 1989, 207с.
- [8] Кудасов Ю.Л., Карычев К.Г. От черенка до яблони. – Алма – Ата: Кайнар, 1989, 208с.
- [9] Генбач А.А. Пористые теплообменники. // Деп.Рук. Винити.1989. №12 (218).- С. 178 – (КазНИИТИ - 1989 № 2818 – 194 с.)
- [10] V. Polyayev, A. Genbatch. Control of Heat Trainer in a Porous Cooling System// Second world conference on experimental heat trainer, fluid machines, and thermodynamics. – Dubrovik, Yugoslavia. – 1991. – p. 639 – 644.
- [11] Поляев В.М., Генбач А.А. Область применения пористой системы // Известия ВУЗов. Энергетика, №12, 1991. - С. 97 – 101.
- [12] Поляев В.М., Генбач А.А.Примененияпористой систем в энергетических установках //Промышленная энергетика, №1, 1991.– С.40- 43.
- [13] Поляев В.М. Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт.т.38, № 6. - 1992. - С.105 – 110.
- [14] Поляев В. М., Генбач А.А. Теплообмен в пористой системе, работающий при совместном действии капиллярных и гравитационных сил // Теплоэнергетика, №7, - 1993. – С 55 – 58.
- [15] Генбач А.А., Генбач Н. А. Пористые устройства в строительстве // КазГАСА, сб.1. «Рациональные методы очистки природных и сточных вод». - Алматы. – 1993. - С. 121 – 130.
- [16] Генбач А.А., Генбач Н.А. Теплотехнические характеристики капиллярно - пористых теплообменников // АИЭС. С. 5. «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». 2002. С. 73 – 76.
- [17] Генбач А.А., Генбач Н.А. Исследование капиллярно - пористых систем в ТЭУ // Вестник АУЭС, №2 (13). Алматы 2011, С. 57 – 62.
- [18] Генбач А. А. Байбекова В.О. Горелка для энергетических установок с пористымэнергоделителем // Поиск №4 (2)., 2012 С 107 - 111.
- [19] Генбач А. А. Олжабаева К.С. Нагревательный прибор на тепловой трубе для электростанций // Вестник КазНТУ №1 (95) 2013. С. 62 - 68.
- [20] Лыков А.В. Теория теплопроводности. М. Высшая школа, 1967, 600с.
- [21] Данко П.Е., Попов А.Г. Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. – М.: Высшая школа. - 1986. – 415 с.

REFERENCES

- [1] Genbach AA, Nurzhan M. The method of thermal protection and management phenophases fruit trees using power divider. // Scientific journal "Search", **2013**. From 5.
- [2] Genbach AA, Nurzhan M. Circular power divider for thermal protection and control phenophases fruit trees. // Scientific journal "Search", **2013**. From 5.
- [3] Genbach AA, Nurzhan M. Power divider calculation for thermal protection of fruit trees. // Scientific journal "Search", **2013**. From 5.
- [4] EI Tsvetkov Large directory gardener. - M. : Tsentrpoligraf, **2010**. 351с.
- [5] Volkova N. Garden and berry. (Reference) Alma-Ata: Kaynar, **1989**. 220s.
- [6] Sitnikov VF, Yixing MM Adriyanova GP Book gardener - amateur. Alma - Ata: Kaynar **1988**, 240с.

- [7] Cherepakhin VI Pruning fruit trees in extensive plantations. -M: Rosargopromizdat, **1989**, 207С.
- [8] Kudasov YL, Karych KG From cutting up an apple-tree. - Alma - Ata: Kaynar **1989**, 208с.
- [9] AA Genbach Porous heat exchangers. // Dep.Ruk. Viniti. **1989**. №12 (218) . S. 178 (Kazniinti - 1989 number 2818 - 194 pp.)
- [10] V. Polyayev, A. Genbatch. Control of Heat Trainer in a Porous Cooling System // Second world conference on experimental heat trainer, fluid machines, and thermodynamics. - Dubrovik, Yugoslavia. **1991**. p. 639 - 644.
- [11] VM Polyayev ,Genbach AA Scope of the porous system // Proceedings of the universities. Energy, №12, **1991**. S. 97-101.
- [12] Polyayev VM Genbach A.A. Using porous systems in power plants // Industrial power, №1, **1991**. S.40- 43.
- [13] VM PolyayevGenbach AA Managing heat exchange in porous structures // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Energy and transport.t.38, № 6. **1992**. P.105-110.
- [14] Polyayev VM, AA Genbach Heat transfer in a porous system, working under the joint action of capillary and gravitational forces // Thermal Engineering, №7. **1993**. S. 55 - 58.
- [15] Genbach AA, NA Genbach Porous devices in construction // KazGASA, sb.1. "Rational methods of natural and waste water treatment." - Almaty. **1993**. S. 121 - 130.
- [16] Genbach AA, NA Genbach Thermal characteristics of the capillary - porous heat exchangers // AIPET, S. 5. "Energy, telecommunications and higher education in modern conditions." **2002**, pp. 73 - 76.
- [17] Genbach AA, NA Genbach Investigation of capillary - porous systems TEU // Herald AUPET, №2 (13). Almaty **2011**, pp/ 57 - 62.
- [18] Genbach AA Baibekov VO Burner for power plants with a porous power divider // Search №4 (2), **2012**. From 107 -. 111.
- [19] Genbach AA Olzhabaeva KS The heating unit on a heat pipe for power plants // VestnikKazNTU №1 (95) **2013**, pp. 62 - 68.
- [20] AV Lykov The theory of heat conduction. M High School, **1967**. 600 s.
- [21] Danko PE, Popov AG Tatyana Kozhevnikova Higher Mathematics in the exercises and tasks. M: Highschool. **1986**. 415 p.

**ЖЕМИС АҒАШТАРЫН ЖЫЛУЛЫҚ ҚОРҒАУ ҮШІН ПАЙДАЛАНЫЛҒАН
МАССАЛЫҚ КҮШТЕР ӨРІСІНДЕГІ ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН
ЭНЕРГОБӨЛГІШТЕГІ ЖЫЛУАЛМАСУ МЕХАНИЗМІ**

А.А. Генбач, М. Нуржан

Алматы Энергетика және Байланыс Университеті

Түйін сөздер: айналма энергетикалық бөлгіш, энергия алмасуы, фенофазалар, жылу қорғанысы, бу көбігі, массалық күштер.

Аннотация. Массалық және капиллярлық күштер өрісіндегі бу көпіршіктерін бақылау арқылы сақиналы кеуектік энергобөлгіште жылуалмасу механизмі анықталды.

Сұйықтықтың ең аз саны жылытатын бетке жақын сұйықтықтың елеулі орнықты жұқа қабатында меншікті жылу ағындарын бұруды қамтамасыз ететіні көрсетіледі.

Ұсынылған салқындату (қыздыру) жүйесінің жылыту құбырлары мен жұқа үлдірлі булағыштарға қарағанда артықшылығы көрсетілді, бұл жеміс ағаштарын жылумен қорғау мақсатында сақиналы энергобөлгіш үшін өте тиімді. Жылуалмасуды үдемелеу жалпы температура ағынымен және энергобөлгіштің кезекті бастырмасымен сақиналы арнада салқындатқыш арынның және жасалатын жылдамдықтың қозғаушы қысым түсуімен қамтамасыз етіледі.

Поступила 29.03.2016 г.