



**ГИДРАВЛИК ВА ҲАРОРАТ РЕЖИМЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ  
ШАРОИТИДА НАНОЎЛЧАМЛИ БИРЛАМЧИ МАТЕРИАЛЛАРИ ТОМОНИДАН  
ЎЗГАРТИРИЛГАН ИССИҚЛИК ТАШУВЧИСИДАН ФЙДАЛАНИШ МАСАЛАСИ**

**Асаул Анатолий Николаевич** -  
и.ф.д., проф, Санкт-Петербург Давлат  
архитектура ва қурилиш университети

**Левин Юрий Анатольевич** -  
и.ф.д., проф, Москва Давлат халқаро  
муносабатлар институти университети

**Асаул Максим Анатольевич** -  
и.ф.д., проф, адмирал С. О. Макаров Давлат  
денгиз ва Дарё флоту университети

[https://doi.org/10.55439/ECED/vol23\\_iss6/a62](https://doi.org/10.55439/ECED/vol23_iss6/a62)

**Аннотация.** Иситиш тизимларида иссиқлик юкни тартибга солиш, иссиқлик таъминоти сифати, иситиш тармоқларининг гидравлик режимини оптималлаштириш ва иссиқлик алмашиувчиларида иссиқлик узатишни кучайтириш масалаларини ҳал қилишда биноларнинг энергия самарадорлигини ошириш учун нанотехнологиялардан фойдаланиш имкониятларини очиб беради. Иссиқлик юкни тартибга солиш усуллари асосий хусусиятлари берилган. Наносўлчамлик бирламчи материаллар билан ўзгартирилган иссиқлик ташувчисидан фойдаланиш иссиқлик таъминоти сифатини яхшилаши, иссиқлик узатишнинг сезиларли ўсиши туфайли иссиқлик энергияси ва ёқилғи сарфини камайитириши мумкинлиги, фақат иссиқлик ташувчиси сифатида иссиқ сувда наноқисмларнинг кам миқдори билан иситишни таъминлаш борасида фикрлар келтирилган.

**Калит сўзлар:** биноларнинг энергия самарадорлиги, наносуюқликлар, иссиқлик узатиш, гидравлик режим.

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОРАЗМЕРНЫМИ  
ПЕРВИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КОНТЕКСТЕ ОПТИМИЗАЦИИ  
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ**

**Асаул Анатолий Николаевич** –  
д-р экон. наук, профессор Санкт-Петербургский  
государственный архитектурно-строительный университет

**Левин Юрий Анатольевич** –  
д-р экон. наук, профессор Московский государственный  
институт международных отношений университет,

**Асаул Максим Анатольевич** –  
д-р экон. наук, профессор Государственный университет  
морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

**Аннотация.** В работе раскрываются возможности применения нанотехнологий для повышения энергоэффективности зданий в контексте решения вопросов регулирования тепловой нагрузки в системах отопления, качества теплоснабжения, оптимизации гидравлического режима тепловых сетей и интенсификации теплоотдачи в теплообменных аппаратах. Приведены основные характеристики методов регулирования тепловой нагрузки. Показано, что применение теплоносителя, модифицированного наноразмерными первичными материалами может повышать качество теплоснабжения, сокращать расход тепловой энергии и топлива за счет существенного повышения теплоотдачи, но только при невысоком содержании наночастиц в горячей воде как теплоносителя.

**Ключевые слова:** энергоэффективность зданий, наножидкости, теплоотдача, гидравлический режим.

**TO THE QUESTION OF USING A HEAT CARRIER MODIFIED WITH NANOSCALE PRIMARY MATERIALS  
IN THE CONTEXT OF OPTIMIZING HYDRAULIC REGIMES AND  
IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY**

**Asaul Anatoliy Nikolaevich** -  
Dr. Sci. Ee, Professor Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia,

**Levin Yuriy Anatolevich** -  
Dr. Sci. Ec., Professor, Moscow state Institute  
of international relations University, Moscow, Russia

**Asaul Maksim Anatolevich** -  
Dr. Sci. Ec., Professor Admiral Makarov State  
Maritime Academy, St. Petersburg, Russia

**Abstract.** The article reveals the possibilities of using nanotechnology to improve the energy efficiency of buildings in the context of solving the regulating heat issues load in heating systems, the quality of heat supply, optimizing the hydraulic regime of heating networks and intensifying heat transfer in heat exchangers. The main characteristics of regulating methods of the thermal load are given. It is shown that the use of a heat carrier modified with nanoscale primary materials can improve the quality of heat supply, reduce the consumption of thermal energy and fuel due to a significant increase in heat transfer, but only with a low content of nanoparticles in hot water as a heat carrier.

**Keywords:** energy efficiency of buildings, nanofluids, heat transfer, hydraulic regime

**Введение.** Энергосбережение является одной из задач XXI века. Мировая энергетическая конференция (МИРЭК) сформулировала проблему энергосбережения как дефицит знаний у специалистов о тепловом поведении зданий и чрезвычайно слабое использование достижений науки и техники в системах теплоснабжения и климатизации зданий [1]. Именно об этом говорится в работах представителей научной школы «Методологические проблемы эффективности региональных ИСК как самоорганизующейся и самоуправляемой системы» [2-6]. Ключевым направлением стало развитие «зеленых» технологий [7-8] и возобновляемых источников [9-10]. Стратегия опережающего развития страны [11] предусматривает формирование инновационных экосистем [12], создающих возможности формирования экономических эффектов [13], в том числе и в секторе энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Требования энергоэффективности определяют вектор развития энергетических систем и оборудования. Однако сфера теплоснабжения и отопления жилых, общественных и промышленных зданий характеризуется недостаточным масштабом внедрения ключевых энергоэффективных технологий, хотя теоретически вариантов проведения мероприятий энергосбережения и повышения эффективности теплопереноса существует достаточно много и на практике вопросы теплопереноса при реализации мероприятий энергосбережения и повышения эффективности теплоснабжения зданий всегда рассматриваются в контексте инженерно-технического обеспечения объектов недвижимости с учётом рисков, возникающих при реализации инновационных решений [14].

Многочисленные исследования, проводимые за последние десятилетия, дают высокие оценки показателям теплопереноса в наноматериалах и возможностям их применения в различных видах экономической деятельности, в том числе и в строительстве. Наножидкости, как показали исследования [15-17], меняют свои теплофизические характеристики в сравнении с исходной жидкостью (увеличение теплопроводности, рост коэффициента теплоотдачи при конвективном теплопереносе, рост критического теплового потока) [18-19]. Хотя исследования теплообмена между наноконпонентами с окружающей средой, выполненные различными авторами, свидетельствуют об увеличении теплопроводности при сопоставлении с основной жидкостью [20-22], однако по-прежнему нет однозначного определения требуемого количества добавления наночастиц в основную жид-

кость, способствующую росту теплопроводности и теплоотдачи.

Вместе с тем, основываясь на подтвержденном факте повышения теплопроводности и конвективного теплообмена в наножидкостях по сравнению с базовыми теплоносителями, ограничиваясь при этом невысоким содержанием наноразмерных частиц в горячей воде как теплоносителя системы, можно полагать что системы отопления и теплоснабжения представляются перспективными потребителями наноматериалов и нанотехнологий. В ранее опубликованном труде одним из авторов был раскрыт ряд вопросов по применению нанотехнологий для теплоснабжения и отопления зданий [23] и, продолжая эту тему, авторы ставят целью настоящего исследования раскрыть возможности наноматериалов и нанотехнологий в контексте повышения энергоэффективности зданий за счет регулирования тепловой нагрузки, оптимизации гидравлического режима тепловых сетей и повышения качества теплоснабжения.

**Анализ литературы по теме.** Зарубежные исследователи Zhihao Zhang, Xuehui Wang, Yuying Yan показали использование первичных наноразмерных материалов для описания их характеристик с учетом изменений в гидравлике и температурах позволяет создавать изделия, устойчивые к гидравлическому давлению, даже в качестве изоляции в условиях растущего населения [31].

Учений из Нидерландии Gholamabbas Sadeghi говорит о том что изменение климата наряду с нашей ненасытной потребностью в энергии требует изменения парадигмы в сторону более рационального и устойчивого использования энергии. Для осуществления этого перехода необходимо внедрение инновационных энергетических технологий. Хранение тепловой энергии играет важную роль в этом контексте, поскольку оно может помочь нам управлять спросом и производством энергии, которые в настоящее время не соответствуют фазе [32].

Профессор Dr. Jürgen Schmid показал нанотехнологии как обеспечивающийся существенный потенциал улучшения для развития как традиционных источников энергии (ископаемое и ядерное топливо), так и возобновляемых источников энергии, таких как геотермальная энергия, солнце, ветер, вода, приливы или биомасса. Например, износостойкие буровые зонды с нанопокрывтием позволяют оптимизировать срок службы и эффективность систем для разработки месторождений нефти и природного газа или геотермальной энергии и, таким образом, экономить затраты [33].

С.В. Фирцева в своих исследованиях показывает что децентрализация теплоносителя повышает надежность теплоснабжения и снижает затраты на передачу тепловой энергии. В то время как строительство централизованной системы теплоносителя требует значительных капитальных единовременных вложений как использования модифицированного наноразмерными первичными материалами [34].

И.Н. Соломин, А.З. Даминов, Р.А. Садыков показывает что энергоэффективность работы существующих систем централизованного теплоснабжения может быть достигнута посредством оптимизации параметров системы, оказывающих большее влияние на затраты энергоресурсов. Оптимизация заключается в определении оптимальных технологических параметров теплоносителя и технических конструктивных характеристик трубопроводов тепловой сети, включая характеристики тепловой изоляции и применение наноразмерные первичные материалов [35].

А.И. Сечин, Т.А. Задорожная утверждали критерием безопасности проведения технологического процесса теплоносителя необходимо выяснить, как количество материала соотносится с объемом теплоносителя, то есть, какой объем будет занимать аэрозоль при равномерном распределении в нем частиц при условии использования модифицированного наноразмерными первичными материалами теплоносителя в контексте оптимизации гидравлических и температурных режимов [36].

**Методология исследования.** В статье использованы следующие методы и приемы научного исследования: теоретические методы познания, системный подход для теоретического представления систем теплоснабжения и отопления как многофакторных систем; анализ и синтез как методы обобщения результатов; сравнение и измерение, метод индукции для обобщения результатов применения теплоносителя, модифицированного наноразмерными первичными материалами.

**Анализ и результаты исследования.** Повышенные показатели теплопереноса наножидкостей, являющихся суспензиями наночастиц, можно учитывать при определении тепловой нагрузки отопительных установок, меняющейся в зависимости от температуры наружного воздуха, что предполагает изменение параметров и расхода теплоносителя в соответствии с потребностью тепла [24]. Повышение теплоёмкости жидкости, содержащей наноразмерные частицы, является достаточно известным явлением и в физической химии описывается как температура раствора (в частности, при наличии

растворенных солей); с этим фактом связаны законы Рауля.

Наночастицы, как добавка к теплоносителю в системах отопления, обеспечивая рост теплоотдачи, повышают качество теплоснабжения, сокращают расход тепловой энергии и топлива. Теплоемкость наножидкости превышает теплоемкость теплоносителя для систем отопления в виде просто чистой воды, причем зависимость роста увеличивается при использовании нано-жидкости с углеродными нанотрубками.

В начале 80-х годов прошлого столетия при рассмотрении особенностей вклада различных энергоносителей в механизмы переноса тепла, в качестве перспективного варианта энергообеспечения низкотемпературных процессов в быту и промышленности, к которым по температурным параметрам относится отопление зданий, одним из авторов предлагаемой публикации давалась оценка электроэнергии как альтернативному энергоносителю [25]. Сейчас, при оценке возможностей электрических отопительных приборов следует признать, что применение электрических отопительных приборов, по разным причинам не обеспечивает благоприятные условия во всем отапливаемом помещении. При воздушном отоплении достигнутое оптимальное соотношение тепловых конвекционных потоков и радиационного типа теплопередачи добавляя наночастицы как своеобразные «теплые молекулы» воздуха, создаются соответствующие климатические условия во всем отапливаемом помещении.

Применение наночастиц в отоплении корректирует задачи и меняет виды регулирования систем тепловой нагрузки абонентов, которая неоднородна не только по характеру теплопотребления, но и по параметрам теплоносителя [26]. В традиционных системах теплоснабжения центральное регулирование отпуска тепла дополнялось групповым, местным и индивидуальным, т.е. для синхронизации отпуска тепла и фактического теплопотребления осуществляется комбинированное регулирование тепла, состоящее из нескольких ступеней, взаимно дополняющих друг друга.

Сущность многообразных методов регулирования раскрывает уравнение теплового баланса, описанного в работе [27].

К методам интенсификации теплообмена относится покрытие поверхности теплообмена слоем наночастиц. Данные, полученные экспериментально [28] свидетельствуют, что на теплопроводность наножидкостей преимущественно влияют три характеристики наночастиц: их концентрация, масса и распределение по размерам. При этом наиболее значительно влияет распределение по массе. Так как гидравлический

режим зависит от расхода теплоносителя и давления в различных точках системы отопления в конкретный момент времени, то, соответственно, и теплоотдача может существенно отличаться в зависимости от выбранного гидравлического режима. Как утверждается в работе [27] «Расчеты гидравлического режима, производимые для отопительного и летнего периода времени, для открытых и закрытых систем теплоснабжения дают возможность определить перераспределение расходов и давлений в тепловой сети, и далее, основываясь на их значениях, установить пределы изменения нагрузки и характеристики нанодобавок».

$$\Delta P = \Delta P_L + \Delta P_M = \Delta P_L \left( 1 + \frac{\Delta P_M}{\Delta P_L} \right) = R_L(1 + \alpha) = R_L(l + l_3) \quad (2)$$

где:

$\Delta P_L$  – гидравлические сопротивления по длине трубопровода, Па;

$\Delta P_M$  – местные гидравлические сопротивления, Па;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий долю потерь давления в местных сопротивлениях от сопротивлений по длине;

$l$  – длина прямолинейного трубопровода, м;

$l_3$  – эквивалентная длина местных сопротивлений, м;  $l_3$  является справочной величиной, зависящей от диаметра трубопровода и вида местного сопротивления;

$R_L$  – удельное падение давления по длине, Па/м.

$$R_L = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} = 6,27 \cdot 10^{-\alpha} \frac{\lambda}{d} \frac{G^2}{\rho} \quad (3)$$

где:

$\lambda$  – коэффициент гидравлического трения, зависящий от числа Рейнольдса и шероховатости трубопровода;

$d$  – внутренний диаметр трубопровода;

$\rho$  – плотность теплоносителя кг/м<sup>3</sup>;

$w$  – скорость движения теплоносителя м/с.

Значение характеристики сопротивления находится из совместного решения уравнений (1, 2, 3):

$$S = \frac{\Delta P}{v^2} = \frac{R_L(l+l_3)}{v^2} = A_s \frac{(l+l_3)}{d^{5,25}} \rho \quad (4)$$

где:

$A_s$  – постоянный коэффициент, являющийся справочной величиной, возрастающий с ростом шероховатости стенок трубопроводов:

$$A_s = 0,0894 \frac{k_3^{0,25}}{z^2} \quad (5)$$

где:

$k_3$  – эквивалентная шероховатость стенки трубы, мм;

$z$  – задаваемая характеристика подпиточного насоса, необходимого для поддержания требуемого уровня пьезометрических линий.

Расчет гидравлического режима базируется на классических уравнениях гидродинамики. В тепловых сетях имеет место, как правило, квадратичная зависимость падения давления  $\Delta P$  (Па) от расхода:

$$\Delta P = S v^2 \quad (1)$$

где:

$S$  – характеристика сопротивления, представляющая собой падение давления при единице расхода теплоносителя, Па (м<sup>3</sup>/ч)<sup>2</sup>;

$v$  – расход теплоносителя м<sup>3</sup>/ч.

Гидравлический расчет производится по методу средних удельных потерь давления, согласно которому

«Как следует из уравнений (3) и (4), характеристика гидравлического сопротивления зависит от геометрических размеров сети, шероховатости стенок трубопроводов и плотности теплоносителя. При известных расходах и соответствующих им потерях давления характеристика гидравлического сопротивления находится из уравнения (1)» [27]. Увеличение концентрации наночастиц в теплоносителе дает возможность уменьшить площадь поверхности нагрева теплообменных аппаратов систем теплоснабжения, что приведет к уменьшению массы, размеров и установки в целом за счет снижения материалоемкости, применения меньших по мощности насосов и т.д. При этом благодаря высокой стабилизации коллоида осаждение наночастиц на теплоотдающей поверхности не происходит. В результате значительно уменьшается энергопотребление и повышается надежность. Взаимосвязь изменения тепловых и гидравлических характеристик при использовании наноструктур и нанотехнологий вызывает необходимость совместного изучения теплоотдачи, гидравлического режима и прочности покрытия из наночастиц, пока что изученных недостаточно.

Расчетный гидравлический режим характеризуется распределением теплоносителя в соответствии с тепловой нагрузкой абонентов и вида конвекции. Как говорится в работе [29] «Степень возрастания теплоотдачи при двух гидравлических режимах вынужденной конвекции – при ламинарном и при турбулентном режимах течения – связана с квадратичной зависимостью роста теплопроводности от массы наночастиц, означая одновременно и квадратичную зависимость от плотности (концентрации)». В случае естественной, в противоположность от вынужденной конвекции, опытные данные разных авторов дают противоречивые результаты [30], поэтому вопросы теплообмена

остаются открытыми, что требует дальнейших расчетных исследований гидравлических режимов при добавке наночастиц, равно как и расчета риска нештатной ситуации, связанной с кристаллообразованием, возникающим вследствие высокого содержания (по некоторым оценкам до 10-14 шт.) наноразмерных частиц в природной воде.

**Выводы и предложения.** Взаимосвязь тепловых и гидравлических характеристик порождает необходимость комплексного изучения теплоотдачи, гидравлического режима и прочности покрытия из наночастиц для решения вопросов использования теплоносителя, модифицированного наноразмерными первичными материалами наночастиц, поскольку наноразмерные частицы, вследствие повышенной поверхностной энергии могут являться центрами кристаллообразования, что способно негативно влиять на эффективность систем отопления и теплоснабжения. В некоторых случаях может иметь место несоответствие масштабов объектов управления, применяемых посредством внедрения методов нанотехнологии в системах

теплоснабжения. Однако эффективность управления таких систем, как правило, может достигаться аппаратными средствами, т.к. водоподготовка влияет на эффективность функционирования систем теплоснабжения, и повышения теплоотдачи.

Применение наноструктур и нанотехнологий дает принципиальную возможность достижения повышенных рабочих параметров гидравлических режимов и реализацию конструктивных возможностей теплообменных аппаратов, влияющих на эффективность отопления зданий, интенсификацию теплообмена при решении вопросов регулирования систем теплоснабжения, однако исключительно при невысоком содержании наноразмерных частиц в горячей воде как теплоносителя. При этом выбор наночастиц, определение их теплопроводности, концентрации и распределения по размерам являются важными условиями для снижения затрат и уменьшения теплопотерь при решении вопросов регулирования систем теплоснабжения.

**Источник и список использованной литературы:**

1. Дмитриев А.Н., Ковалев И.Н., Табуничиков Ю.А., Шилкин Н.В. *Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия.* – М.: Авок-пресс. – 2005. – 120 с.
2. Асаул А.Н. *Внедрение ключевых инноваций по видам и этапам инвестиционно-строительного цикла / А.Н. Асаул, Д. А. Заварин. // Вестник гражданских инженеров.* – 2014. – № 5(46). – С. 133-140.
3. Асаул А.Н. *Разработки и коммерциализации лучших инновационных решений - источники формирования общественных благ / А.Н. Асаул. // Проблемы предпринимательской и инвестиционно-строительной деятельности: Материалы XVII научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 30 октября 2015 года.* – СПб.: АНО "ИПЭВ". – 2015. – С. 266-283.
4. *Оценка организации (предприятия, бизнеса) / А. Н. Асаул, В. Н. Старинский, М.А. Асаул, В. П. Грахов.* – М.: Проспект. – 2016. – 384 с. – ISBN 978-5-392-19650-0.
5. Асаул А.Н. *Инновационные продукты и модели, регулируемые субъектами предпринимательства в сфере строительства и оборота недвижимости / А. Н. Асаул, М. А. Асаул // Вестник гражданских инженеров.* – 2020. – № 3(80). – С. 197-207. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-197-207.
6. Асаул А.Н. *Взаимодействие государства и бизнеса в решении социальных проблем / А. Н. Асаул // Экономическое возрождение России.* – 2010. – № 2(24). – С. 4-7.
7. Асаул, А. Н. *Основные направления развития "зеленого" строительства / А. Н. Асаул, С. Н. Иванов // Вестник Тихоокеанского государственного университета.* – 2015. – № 1(36). – С. 169-178.
8. Асаул А.Н. *Векторы внедрения "зеленых" идей в инвестиционно-строительной сфере / А. Н. Асаул, Н. Н. Загускин // Архитектура - строительство - транспорт: материалы 71-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, Санкт-Петербург, 07-09 октября 2015 года / СПбГАСУ.* – СПб.: СПбГАСУ. – 2015. – С. 154-159.
9. Асаул А.Н. *Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы / Научные труды Вольного экономического общества России.* – 2008. – Т. 94. – С. 173.
10. Асаул А.Н., Джаман М.А. *Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы. / Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Серія: Економічні науки.* – 2007. – № 3 (25). – С. 54.
11. Асаул, М. А. *Стратегия опережающего развития российской экономики как основа для радикальной смены экономического курса России / М. А. Асаул // Ценность результатов научно-исследовательской деятельности заключается в отражении объективной потребности отечественной экономики : Материалы региональной XXI научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 07 февраля 2020 года.* – СПб.: АНО "ИПЭВ", – 2020. – С. 309-313.
12. Асаул А.Н. *Инновационная экосистема - залог эффективности процесса создания и использования инноваций / А.Н. Асаул // Отечественной экономике - инновационный характер: материалы XIX научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30-31 октября 2017 года.* – СПб.: АНО "ИПЭВ", – 2017. – С. 221-239.
13. Асаул А.Н. *Основные направления формирования экономических эффектов от внедрения инноваций в инвестиционно-строительный цикл / А. Н. Асаул, Д. А. Заварин, С. Н. Иванов // Вестник гражданских инженеров.* – 2015. – № 3(50). – С. 254-261.
14. *Управление предпринимательскими рисками инвестиционно-строительного проекта / А. Н. Асаул, А. В. Друзенко, Г. Ф. Щербина, Т. Ю. Шведкова.* – СПб.: АНО "ИПЭВ", 2017. – 256 с. – ISBN 978-5-91460-061-4.

15. 100 открытий и изобретений новой России / А. Н. Асаул, А. В. Звягина, А. А. Литвинцев [и др.] // *Отечественной экономике - инновационный характер: материалы XIX научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30–31 октября 2017 года.* – СПб.: АНО "ИПЭВ", – 2017. – С. 11-194.
16. The practical barriers to kickstarting the innovation and investment in the sphere of construction in Russian Federation / A. Asaul, M. Asaul, I. Drozdova [et al.] // *E3S Web of Conferences Volume 274 (2021) : 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, 21–28 апреля 2021 года.* – France: EDP Sciences, 2021. – P. 5006. – DOI 10.1051/e3sconf/202127405006.
17. Трубицына Г.Н. Оценка возможности использования наножидкостей в системах теплоснабжения и вентиляции / Г.Н. Трубицына, В.В. Барзенкова, В.С. Фроликова. // *Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сб. ст. по материалам X Международной научно-практической конференции.* – № 8 (10). – М.: Интернаука, – 2016.
18. Суртаев А.С., Сердюков В.С., Павленко А.Н. Нанотехнологии в теплофизике: теплообмен. // *Российские нанотехнологии.* – 2017. – Т. 11. – № 11-12. – С. 18.
19. Дмитриев А.С., Клименко А.В. Преобразование солнечного излучения в пар – новые возможности на основе наноматериалов (обзор)//*Теплоэнергетика.* – 2020. – №2. – С. 3-19.  
DOI: [10.1134/S0040363620020010](https://doi.org/10.1134/S0040363620020010)
20. Зобов К.В., Труфанов Д.Ю., Бардаханов С.П., Прокудин В.А., Гапоненко В.Р. Исследование предельного уровня осаждения нанопорошков в жидкости и газе // В книге: *Динамика многофазных сред (ДМС-2021). Тезисы докладов XVII Всероссийского семинара с международным участием.* Новосибирск, 2021. С. 26.
21. Морозова М.А. Теплопроводность и вязкость наножидкостей: Дис. на соиск. учен. степ. канд. ф-м. наук: (01.04.14) / Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе сибирского отд. РАН. Новосибирск. – 2019.
22. Roy S. [et al]. Heat transfer performance of silver/water nanofluid in a solar flat-plate collector. *Journal of Thermal Engineering, Vol.1(2), 2014. Pp 104-112.*
23. Левин Ю.А., Никитин А.А., Конопов М.В., Иванов Л.А. Потенциал нанотехнологий: вопросы теплоснабжения и отопления зданий. // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал.* 2020. – Том: 12. – № 2. – С. 89-93. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-89-93
24. Минаков А.В., Гузей Д.В., Лобасов А.С., Дектерев Д.А., Прыжников М.И. Расчетно-экспериментальное исследование вынужденной конвекции наножидкости в прямоточном теплообменнике // *Журнал Сибирского федерального университета.* – 2014. – Том 7. – №1. – С.32-47.
25. Левин Ю.А. Оценка эффективности электрификации средне- и низкотемпературных процессов промышленности: Дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук: (08.00.21) / Гос. н.-и. энергет. ин-т им. Г. М. Кржижановского. – Москва, 1986.
26. Асаул А.Н., Асаул М.А., Левин Ю.А., Платонов А.М. Энергоснабжение изолированных территорий в контексте привлечения инвестиций и развития экономики региона. // *Экономика региона.* 2020. – Том: 16. – № 3. – С. 884-895 DOI: 10.17059/ekon.reg.2020-3-16
27. Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П. и др. Теплоснабжение: учебное пособие. – М.: Высшая школа, – 1980. – 407с.
28. Girfanova V.V., Gevorgyan A.G., Velkin V.I. The analysis of possibility in nanofluid application as the heat carrier for increase in efficiency of heat supply systems. // *International Journal of Professional Science.* 2018. № 3. Pp. 35-38.
29. Антонов В.Н., Агапатов Е.Б., Байкова Д.А. Перспективы применения жидкостей с наночастицами в теплоэнергетике. // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования.* – 2016. – Том 1. – С. 207-210
30. Терехов В.И., Калинина С.В., Леманов В.В. Механизм теплопереноса в наножидкостях: современное состояние проблемы (обзор). Часть 2. Конвективный теплообмен. // *Теплофизика и аэромеханика,* – 2010. – том 17. – № 2. – 15с.  
31. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2021.100009>
32. Gholamabbas Sadeghi "Energy storage on demand: Thermal energy storage development, materials, design, and integration challenges" *Volume 46, April 2022, Pages 192-222* <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2022.01.017>
33. [https://www.technologyieland-hessen.de/mm/NanoEnergy\\_web.pdf](https://www.technologyieland-hessen.de/mm/NanoEnergy_web.pdf)
34. Фирцева С. В. Оценка состояния теплоэнергетики в тюменской области. – М., 2019г., 43 с.
35. Соломин Илья Николаевич, Даминов Айрат Заудатович, Садыков Ренат Ахатович Оптимизация режимов эксплуатации и параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения. // *Известия КазГАСУ.* 2018. №2 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-rezhimov-ekspluatatsii-i-parametrov-sistem-tsentralizovannogo-kommunalnogo-teplosnabzheniya> (дата обращения: 07.11.2022).
36. Сечин А.И., Задорожная Т.А. «Обеспечение устойчивой работы аппаратов кипящего слоя, перерабатывающих пожаровзрывоопасные продукты» Томск, 2014 г. 171с.



ТЎҶИМАЧИЛИК САНОАТИ КОРХОНАЛАРИНИНГ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ  
САМАРАДОРЛИГИГА ТАЪСИР ҚИЛУВЧИ ОМИЛЛАР ТАҲЛИЛИ

Баҳодиров Нўмонхон Камолхонович -  
Фарғона политехника институти  
мустақил изланувчиси

[https://doi.org/10.55439/ECED/vol23\\_iss6/a63](https://doi.org/10.55439/ECED/vol23_iss6/a63)

**Аннотация.** Ушбу мақолада мамлакатимизда фаолият юритаётган тўқимачилик саноати корхоналарининг самарадорлиги таҳлил қилинган. Тадқиқот доирасида Фарғона вилоятининг тўқимачилик саноати танлаб олинган ва эришилган натижаларга таъсир қилувчи омиллар ўрганилган ва таҳлил қилинган. Ишлаб чиқариш самарадорлигига таъсир қилувчи ижобий ва салбий ҳолатлар баён қилинган. Статистик маълумотлар ва таҳлилларга таянган ҳолда ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш бўйича таклиф ва тавсиялар берилган.

**Калит сўзлар:** тўқимачилик саноати, маҳсулдорлик, самарадорлик, таъсир қилувчи омиллар, ишлаб чиқариш технологиялари, меҳнат унумдорлиги.