

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**
Богдан Вікторович - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**
Олег Григорович - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**
Володимир Михайлович – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**
Леонард Леонідович – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**
Олександр Миколайович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**
Ярослав Михайлович – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**
Анатолій Андрійович –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**
Владимир Леонідович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**
Владимир Яковлевич – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**
Павло Семенович – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**
Ярослав Микитович – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**
Петро Гнатович – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**
Леонід Михайлович – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

УДК 663.81

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ

Стоянова А.М., магистрант факультета ЭТОиТД, ОНАПТ,
Драгни Е.И., магистр факультета ЭТОиТД, ОНАПТ
Терземан Е.Ф., инженер факультета ЭТОиТД, ОНАПТ

KINETICS OF CONCENTRATION OF POMEGRANATE JUICE IN BLOCK FREEZE INSTALLATION

Stoyanova AM, graduate student of the Faculty of ETE & TD, ONAFT,
Dragni E.I., Master of the Faculty of ETE & TD, ONAFT
Terzeman E.F., Engineer of the Faculty of ETE & TD, ONAFT

Аннотация. В данной статье приведена специфика гранатового сока и сравнительный анализ разных методов концентрирования. Также показаны итоги работы (исследование кинетики формирования блока льда, зависимости интенсивности процесса кристаллизации от концентрации, уровня температуры и объема продукта и исследование кинетики сепарирования), главным результатом которой стало получение сока с концентрацией 47%, чего не удалось добиться в зарубежных научных исследованиях по криоконцентрированию соков.

Abstract. In this article the properties of pomegranate juice and comparative analysis of different concentration methods are provided. The work results are provided as well (research of ice block forming kinetics, dependency between crystallization process intensity and concentration, temperature level and product volume and research of separation kinetics), the most significant one is juice production with the concentration level of 47%. This was not obtained in foreign scientific researches of juice cryoconcentration.

Ключевые слова: кинетика, концентрирование, гранатовый сок, установка блочного вымораживания.

Keywords: kinetics, concentration, pomegranate juice, block freezing unit.

Введение

Производство концентрированных соков получило широкое развитие во всем мире. Хранение и транспортирование их дает значительную экономию тары, погрузочно-разгрузочных и транспортных средств, позволяет создавать резерв на годы с низким урожаем плодов. Путем концентрирования содержание растворимых сухих веществ в соках можно повысить до 70-75% и соответственно уменьшить объем их по сравнению с натуральными в 5-6 раз. Для перевозки и длительного хранения соки концентрируют до 60-72% [1]. Криоконцентрированием активно занимаются во всем мире, доказательством этому служат множество статей, книг и других работ по данной теме (M. Normohamadpor Omran; M. Kh. Pirouzifard; P. Aryaey; M. Hasan Nejad «Cryoconcentration of Sour Cherry and Orange Juices with Novel Clarification Method; Comparison of Thermal Concentration with Freeze Concentration in liquid Foods», Islamic Republic of Iran; M.A. Sanz-Bobi «Thermoelectricity applied to the cryoconcentration of orange juice», Inst. de Investigacion Tecnologica, Univ. Pontificia Comillas, Madrid, Spain; Forough Khajehi, Mehrdad Niakousari, Mohammad H. Eskandari, Mohammad Sarshar «Production of Pomegranate Juice Concentrate by Complete Block Cryoconcentration Process», Iran; Nathalia D. A. Arriola, Gielen D. Santos, Isabella B. Muñoz, Elane S. Prudêncio, Renata D. M. C. «WATERMELON (Citrulus lanatus) JUICE CRYOCONCENTRATION AND IMPACT ON ITS LYCOPENE CONTENT», Amboni. Department of Food Science and Technology, Federal University of Santa Catarina, Center for Agricultural Sciences, Laboratory of Fruit and Vegetables, Rodovia Admar Gonzaga 1346, Itacorubi, 88034-001 Florianópolis, SC, Brazil).

Актуальность

Влияние гранатового сока на организм человека невозможно переоценить. По своей биологической активности свежевыжатый напиток из граната превышает большинство ягодных и плодовых соков. Он содержит множество органических кислот, центральное место среди которых отводится лимонной кислоте, водорастворимые полифенолы, различные аминокислоты (9 заменимых и 6 незаменимых), сахара. Гранатовый сок зажил славу «короля витаминов». В наибольшем количестве в нем содержатся витамины С и группы В. Кроме этого, в нем есть провитамин А (каротин), Е и РР. Данный напиток также богат микроэлементами, а именно фосфором, железом, калием, кальцием, медью, магнием, кремнием, натрием. Благодаря такому насыщенному составу гранатовый сок улучшает функции кроветворения, нормализует

состав крови и желудочного сока, очищает сосуды. Этот целебный напиток дарит энергию и укрепляет общий иммунитет [2].

Согласно ГОСТ 18192-72 гранатовые соки должны обладать следующими качествами:

- по физико-химическим показателям концентрированные соки должны соответствовать следующим нормам: массовая доля растворимых сухих веществ – не менее 70% как для осветленных, так и для неосветленных соков;

- массовая доля титруемых кислот – не менее 3,5%;

- массовая доля осадка для осветленного сока – не более 0,5% от массы, для неосветленного – не более 1%;

- при разведении концентрированных соков к 1 объему сока добавляют воду в объеме 4,5;

- пищевая и энергетическая ценность 100 г концентрированных соков: углеводы – 65 г, витамин С – 15 мг, энергетическая ценность – 260 ккал [3].

Анализ литературных источников и формулировка проблемы

Концентрирование соков может проводиться путем выпаривания, вымораживания (криоконцентрирования) или с помощью мембран.

Концентрирование желателно проводить таким образом, чтобы продукт претерпевал минимальные изменения. В связи с этим необходимо учитывать изменения, которые могут произойти с компонентами соков при удалении влаги. Так, взвеси и коллоидные вещества с высокой молекулярной массой (пектиновые, белковые и дубильные) при выпаривании оседают на поверхности нагрева и могут вызвать локальный перегрев и пригорание. При концентрировании вымораживанием и с использованием мембран они образуют агрегаты, затрудняющие течение процесса, значительно повышают вязкость концентрата. Сахара могут карамелизоваться и вызвать потемнение вследствие реакции Майяра. Витамины, ферменты, фенольные и красящие вещества чувствительны к теплу и могут подвергаться частичному окислению и изменению, летучие ароматические вещества – удаляться вместе с водяным паром, что приводит к потере характерного фруктового запаха [4].

Теоретической предпосылкой экономичности метода криоконцентрирования является сравнение затрат на отбор теплоты при кристаллизации воды и подвод теплоты для выпаривания. На испарение 1 т воды расходуется $26,0 \cdot 10^5$ кДж теплоты, для кристаллизации 1 т воды необходимо отвести $3,33 \cdot 10^5$ кДж.

Поэтому, хотя стоимость производства холода примерно в 2 раза выше стоимости производства теплоты, расходы на осуществление фазового перехода при выпаривании выше, так как удельная теплота парообразования значительно больше теплоты кристаллизации. Кроме того, потери в окружающую среду при выпаривании выше [5].

Цель работы и задача исследования

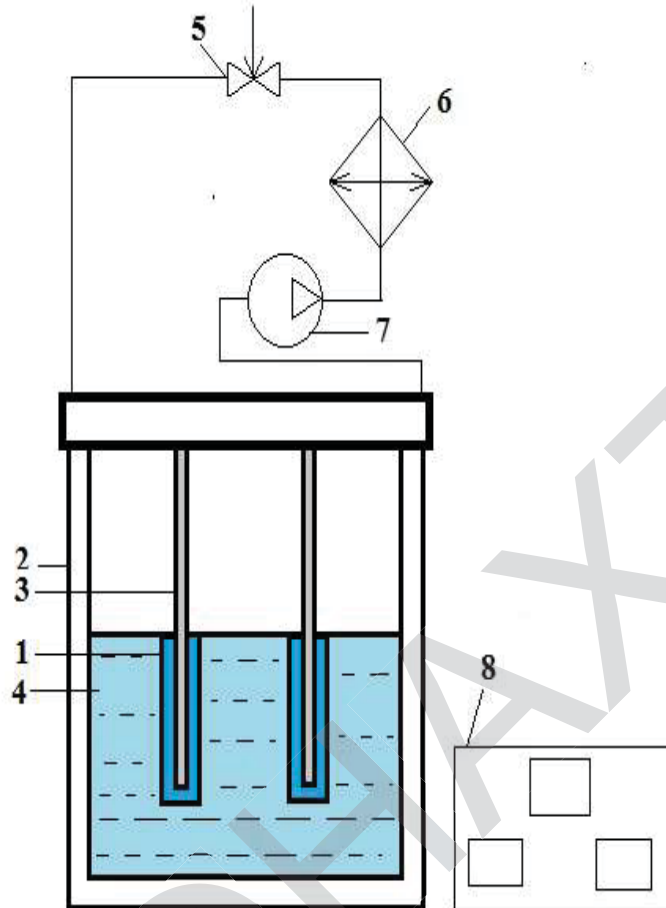
Цель работы: исследование процесса криоконцентрирования гранатового сока.

Задачи исследования:

1. Исследование кинетики формирования блока льда.
2. Зависимости интенсивности процесса кристаллизации от концентрации, уровня температуры и объема продукта.
3. Исследование кинетики сепарирования.

Результаты исследования

Исследования проводились на данной установке:



1 – лед; 2 – концентрат; 3 – кристаллизатор; 4 – продукт; 5 – дроссельный вентиль; 6 – конденсатор; 7 – компрессор; 8 – измерительные приборы.

Рис.1 – Схема экспериментальной установки

На первом этапе измерялся рост объема блока льда к единице площади испарителя во времени при разных начальных концентрациях сока. Результаты представлены на рис.2.

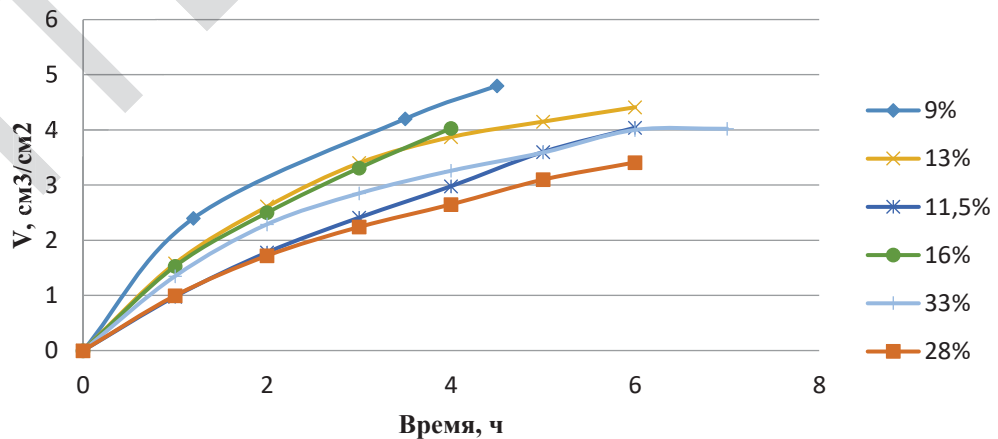


Рис.2 – кинетика формирования блока льда

Влияние на кинетику процесса может оказать температура кипения фреона. Снижение температуры на 3⁰С увеличивает интенсивность процесса на 0,5 см³/см². Зависимости удельного объема блока от времени при разных температурах фреона представлены на рис.3.

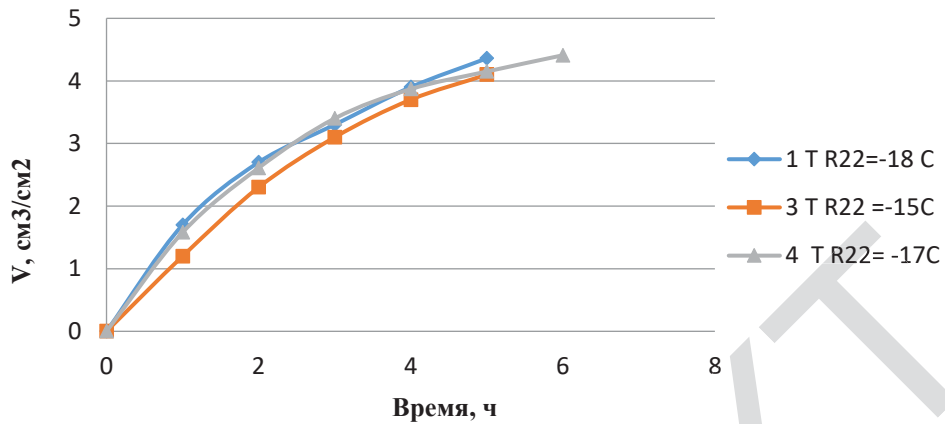


Рис.3 – кинетика формирования блока льда при разных температурах фреона

Существенное влияние на кинетику процесса оказывает начальная концентрация сока. В зависимости от начальной концентрации степень концентрирования изменялась от 1,3 (при высокой начальной концентрации) до 3,5 (при низкой). Изменения концентрации сока при разных начальных концентрациях сока представлены на рис.4.

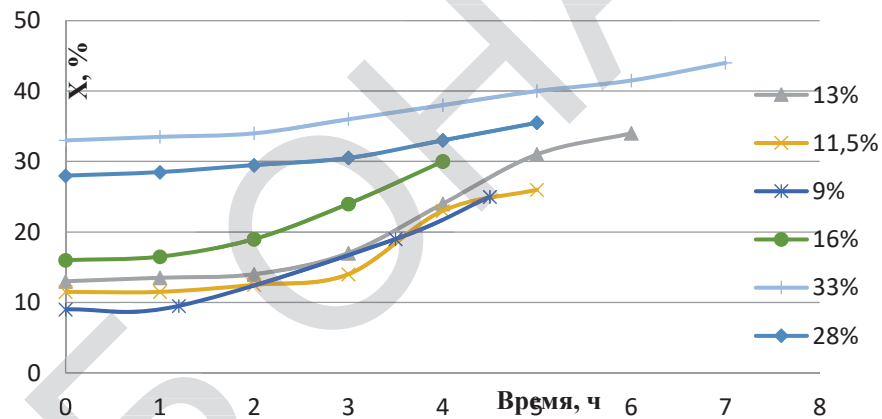


Рис.4 – кинетика изменения концентрации сока

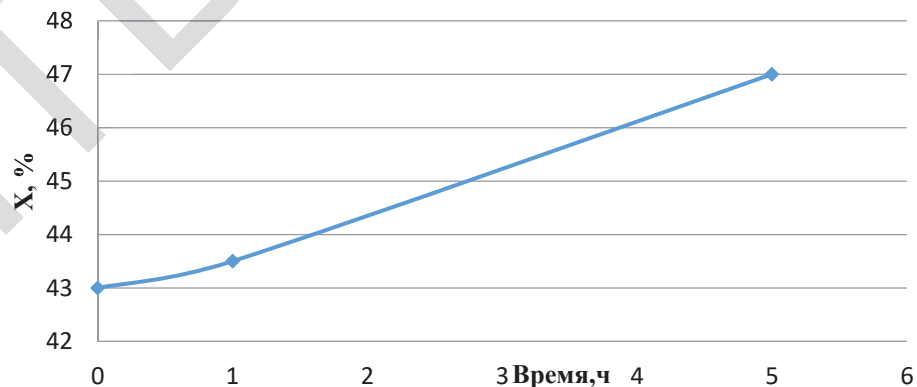


Рис.5 – кинетика вымораживания высококонцентрированного сока

Важным этапом является процесс сепарирования, который определяет потери сухих веществ со льдом, поэтому проводится исследование изменения концентрации стоков с блока льда.

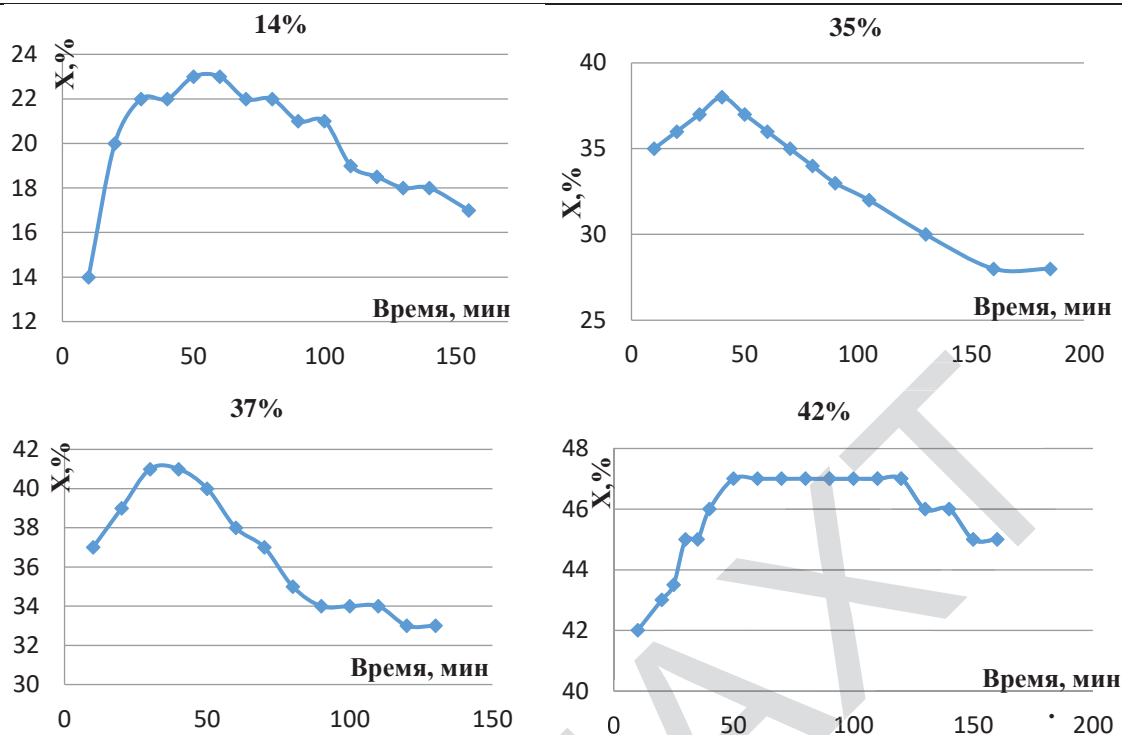


Рис. 6 – кинетика сепарирования гранатового сока при разных начальных концентрациях

При низких концентрациях сока концентрация стоков растет на $\approx 10\%$, при высоких – на $\approx 10\%$.

Анализ результатов исследования

1. Очевидное достоинство технологий – высокое качество продукта.
2. Широкое внедрение концентрирования вымораживанием сдерживается относительно высокими капитальными затратами и производственными расходами по сравнению с методом выпаривания.
3. Усилия ученых разных стран направлены на совершенствование технологии. Тенденции поисков – снижение потерь массы продукта за счет управления процессом кристаллизации и совершенствования принципов и средств разделения маточного раствора и льда.
4. Известные средства сепарирования не обладают должной эффективностью. Процесс сепарирования наиболее трудоемкий и малопродуктивный в технологии криоконцентрирования.
5. Технологии выпаривания практически исчерпали свой резерв энергетической эффективности, в то время как при криоконцентрировании этот параметр до настоящего времени продолжает сохранять довольно значительную величину.

Выводы

Экономическая эффективность определяется рядом аспектов.

Энергетический - затраты энергии на превращение воды в ледяную фазу в 7 раз меньше, чем в пар. (энергия, необходима для превращения 1 кг воды в лед составляет 0,33 МДж, а при превращении воды в пар – 2,6 МДж)

Логистический - высококачественный концентрированный сок занимает меньшие объемы, требуют меньших затрат энергии при хранении и топлива при транспортировке.

Технологический - концентрированный сок сохраняет все питательные свойства сырья.

Литература

1. Э.С. Гореньков, А.Н. Горенькова, Г.Г. Усачева. Технология консервирования – М.: Агропромиздат. – 1987. – 351 с.
2. Health and beauty. Гранатовый сок. [Интернет-ресурс. Доступ по ссылке: http://hnb.com.ua/articles/s-zdorovie-granatovyy_sok-2754]
3. ГОСТ 18192-72 (Соки плодовые и ягодные концентрированные.)
4. Самсонова А.Н., Ушева В.Б. Фруктовые и овощные соки – М. Агропромиздат. – 1990. – 287с.

УДК 338.45: 662.6

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ С УТИЛИТНЫМИ ПУТЯМИ

Ульев Л.М., д.т.н., профессор, Маатук А., аспирант
Национальный технический университет «ХПИ»

RECONSTRUCTION OF HEAT EXCHANGE SYSTEMS WITH UTILITY WAYS

Ul'ev L.M., doctor of technical sciences, professor, Maatuk A., graduate student

National Technical University "KhPI"

Аннотация. В работе приведен широкий анализ опубликованных работ, посвященных методам интеграции процессов и оптимизации теплообменных систем в производствах, использующих химико-технологические методы переработки и производства веществ. Из множества возможных систем выделена двухпотоковая задача с утилитными путями, и для нее рассмотрены процессы перераспределения тепловых нагрузок на существующих теплообменных аппаратах и температур теплоносителей на входе и выходе из них при выполнении проектов энергоэффективной реконструкции систем теплообмена в условиях технологических и экономических ограничений. Получены аналитические зависимости изменения тепловых нагрузок, существующих теплообменных аппаратов и температур теплоносителей от величины площади поверхности теплообмена новых теплообменных размещений. Определено оптимальное значение площади поверхности теплообмена, добавляемой при реконструкции, при котором наблюдается наименьшая приведенная стоимость проекта реконструкции.

Abstract. The paper presents a wide analysis of published works devoted to the methods of process integration and optimization heat-exchange systems in production using chemical-technological methods for processing and production of substances. The dual stream heat system with utility paths was selected from the many possible exchanger systems and the processes of the redistribution of heat loads on existing heat exchangers and temperatures of heat carriers at the input and the output of them were studied for it with fulfilling of the energy efficient retrofit project in terms of technological and economic constraints. The analytical dependences for change of thermal loads for existing heat exchangers and heat carriers temperatures were obtained from the magnitude of the surface area for heat transfer a new heat-exchange placements. The definition of change of technological parameters for existing heat exchangers can significantly reduce economic costs for the implementation of energy efficiency retrofit of the heat exchanger networks for operating companies using the methods of heat and process integration, in particular using the methods of pinch analysis. For case study, two streams problem for heat transfer in heat network at the crude and gas separation units is considered in the paper. The exist system have three heat exchangers. The temperature measurements were fulfilled for all heat exchangers and the heat loads for heat exchangers and utility were calculated. The installation of one heat exchanger at the cool side of the system is proposed in retrofit project. The dependence of the temperature change of the hot and cold process stream of the value of the additional surface obtained for each heat exchanger. Utility power and power recovery of thermal energy in the system is also analyzed. The dependence for annual cost of capital investments in the retrofit project of heat network of the installed heat exchanger surface taking into account the finite surface area of separate sections of heat transfer is presented in the paper. It is shown that the total discounted cost of the retrofit project will be a non-monotonic function of new heat exchange surfaces. The optimal value of heat transfer surface at which the total discounted cost of the reconstruction project will be minimal is obtained in the paper.

Key words: energy efficiency, retrofit, heat exchanger network, pinch analysis.

Ключевые слова: энергоэффективность, реконструкция, сеть теплообменников, пинч анализ..

Введение. Интеграция Украины в мировую экономику и европейский выбор народа Украины, который приобрел поддержку индустриально развитых стран, предполагает достижения уровня жизни и энергоэффективности экономики стран Европейского Содружества. В настоящее время энергетическая ситуация в Украине критическая, прежде всего вследствие того, что за счет собственной добычи ископаемого органического топлива Украина сегодня может только частично удовлетворить потребности: в нефти – на 10–12 %, в природном газе – на 20–25 %, в угле – на 85–90 %. Пути и методы использования возможностей энергосбережения и снижения техногенной нагрузки известны уже четыре десятилетия, и получили широкое распространение в индустриально развитых странах. Прежде всего, это методы

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	101
Стоянова А.М., Драгни Е.И., Терземан Е.Ф.	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ С УТИЛИТНЫМИ ПУТЯМИ	
Ульев Л.М., Маатук А.	106
ПРОЕКТ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА ОНАПТ	
Перетяка С. Н., Козинец А. Ю., Бандура Д. А.	111
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ	
Дабіжа Н.О.	115
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ДЛЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ	
Чаласєв Д.М., Шматок О.І., Грабова Т.Л., Сильнягіна Н.Б.	121

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПОГЛИНАННЯ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ІЗ СУМІШІ ПОВІТРЯ З ДІОКСИДОМ СУЛЬФУРУ	
Дячок В. В., Гуглич С. І., Катишева В. В., Мандрик С. Т.	126
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МОНТМОРИЛОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІОНЕНАМИ	
Суха І.В., Томіло В.І., Белянєвська О.А., Сухий К.М.	131
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА З РІДКИМ РЕАГЕНТОМ	
Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Симак Д.М., Данилюк О.М.	138
АДСОРБЦІЙНО-ДИFUЗИЙНІ ПРОЦЕСИ У СТАТИЧНОМУ ШАРІ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ В СТАЦІОНАРНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ	
Сабадаш В.В., Гумницький Я.М.	143
ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА НЕЕНЕРГОСМНИХ КОНЦЕНТРАТИВ ФІТОПРЕПАРАТИВ	
Бурдо А.К., Альхурі Юсеф, Ананійчук Е.Ю., Велічко В.П.	148
РОЛЬ НАДЛИШКОВОГО МАРГАНЦЮ В ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПЗИТУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ І СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІУ	
Акимов Г.Я., Новохацька А.О.	153
ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ВНУТРІШНІМ ШАРОМ	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	157
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	
Рябик П.В., Опарин С.А., Гриднева Т.В.	161
ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА	
Евлаш В.В., Потапов В.А. Никитин С.В.	164
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
Тришин Ф.А., Трач А.Р., Орловская Ю. В.	168
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АППАРАТАХ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	
Тришин Ф.А., Масельская Я.А.	174
ОЦІНЮВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	
Журавська Н. Е.	179