

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції  
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса  
Видавець Бондаренко М. О.  
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій,  
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

*Тітлов О. С.*, завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації  
відповідає автор публікації*

**Збірник** наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія  
харчових технологій, 2020

**Секція 1:**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ»**

### Информационные источники

1. Безруких П.П. Ветроэнергетика: справ. и метод. пособ.: / П.П. Безруких. – М.: ИД ЭНЕРГИЯ, 2010. – 320 с.
2. N. Neuberger, E. Nolle, Г. Пивняк, А. Бешта. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики. Материалы XVIII международной конференции „Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика” 09.2011, Одесса, Украина.
3. Oleksii B. Ivanov, Fedir P. Shkrabets, Jan Zawilak. Electrical generators driven by renewable energy systems. Wroclaw University of Technology, Wroclaw – 2011. – 169 p.

УДК 662.99

## ВОЗДУШНАЯ КОМПРЕССОРНАЯ ТЕПЛОВАЯ УСТАНОВКА (ВКТУ)

Хлебников И., Одесса

В статье «Передовые климатические технологии: ваш друг тепловой насос GENERAL», на сайте: <http://zoom.cnews.ru/publication/item/31881>, сообщается о том, что, ещё в 1852 году, лордом Кельвином (Томсоном) был создан опытный образец одноцилиндровой поршневой установки, — «Умножитель тепла», с использованием в качестве рабочего тела атмосферного воздуха. Именно на его основе предлагается новое техническое решение -

«Патент на изобретение №117063, Воздушная Компрессорная Тепловая Установка». Зарегистрировано в Государственном реестре патентов Украины на изобретения 11.06.2018 года. Изобретатели: Карташев Богдан Валерьевич (UA), Хлебников Игорь Константинович (UA), Чижик Олег Анатольевич (UA). Но в те далёкие времена, изобретатели теплового насоса решили заменить однофазное рабочее тело, — «бесплатный» атмосферный воздух, «Умножителя тепла Кельвина» на двухфазное рабочее тело — дорогой, промышленного изготовления хладагент, работающий только в жидком и газообразном состоянии. Тем самым, новые изобретатели угробили «Теплоохладитель» — «Умножитель тепла Кельвина», сконструировав «Холодильник наоборот», назвав его «Тепловым насосом», который существует до настоящего времени, как довольно -таки дорогостоящее устройство с небольшим энергетическим коэффициентом эффективности  $COP = 3-5$ . А ведь предложенная Кельвином в 1852 году система отопления (с применением в качестве рабочего тела экологически безопасного атмосферного воздуха, возвращаемого обратно в атмосферу, после его отработки в тепловой установке), способна была давать 97 % тепловой энергии, используя только 3 % процента от энергии топлива (по словам Кельвина), затрачиваемого для отопления помещений.

То есть, «Умножитель тепла Кельвина» имел коэффициент энергетической эффективности  $COP=30$ . Чтобы «не пугать» специалистов, продавцов и покупателей современных тепловых насосов, в Патенте ВКТУ указан  $COP=10$ , то есть с троекратным запасом надёжности атмосферного воздуха для нагрева воды. Если для ВКТУ использовать расчётное количество горячего воздуха без запаса, то у ВКТУ коэффициент  $COP = 30$ . То есть энергетическая эффективность ВКТУ равна «Умножителю тепла Кельвина», — у обоих устройств  $COP=30$ . Таким образом, опытный образец ВКТУ можно сказать существовал уже в 1852 году.

Расчёт параметров ВКТУ следует начинать с определения величины внутреннего диаметра ( $D_{внт}$ ) медного патрубку теплообменника с горячим воздухом, путём совместного решения уравнения количества теплоёмкостной ( $Q_{те}$ ) теплоты Джозефа Блэка и уравнения количества теплопроводной ( $Q_{тп}$ ) теплоты Жана Фурье.

$$Q_{\text{те}} = 0,0002777 * C * M_c * (T_2 - T_1) * T_c \quad (1)$$

$$Q_{\text{те}} = 0,0002777 * 4187 * 0,239 * (74 - 10) = 64000 \text{ Вт час}$$

0,0002777 — коэффициент соотношения мер энергии, для перевода Дж в Вт\*час;

$C = 4187 \text{ Дж/кг Ц}$  — удельная теплоёмкость воды;

$M_c = 0,239 \text{ кг} = (860 \text{ кг} : 3600 \text{ сек})$  — секундная масса нагретой воды;

$T_c = 3600 \text{ сек}$  — время нагрева проточной воды;

$T_1 = 10 \text{ Ц}$  — температура Цельсия исходной воды для нагрева;

$T_2 = 74 \text{ Ц}$  — расчётная температура нагретой воды в теплообменнике.

Принимаем, что количество явной теплоты ( $Q_{\text{те}}$ ) воды, нагреваемой в кожухе теплообменника (это патрубок, внутри которого концентрический расположен медный патрубок с горячим воздухом), равно количеству теплопроводной теплоты ( $Q_{\text{тп}}$ ) горячего воздуха в медном патрубке:

$$(Q_{\text{те}}) = (Q_{\text{тп}}) = 64000 \text{ Вт*час} \quad (2)$$

$$Q_{\text{тп}} = K_T * S_{\text{мп}} (T_3 - T_2) T_c / L_{\text{смп}} \text{ Вт*час} \quad (3)$$

На основании формул (2), (3) площадь теплопроводной поверхности стенки ( $S_{\text{мп}}$ ) медного патрубка равна

$$S_{\text{мп}} = Q_{\text{тп}} * L_{\text{смп}} * K_T / (T_3 - T_2) * T_c \quad (4)$$

$$S_{\text{мп}} = 64000 * 0,002 / (75 - 74) * 3600 = 0,09 \text{ м. кв}$$

$Q_{\text{тп}} = 64000 \text{ Вт*час}$  — количество теплопроводной теплоты для нагрева исходной воды;

$L_{\text{смп}} = 0,002 \text{ м}$  — толщина теплопроводной стенки медного патрубка;

$T_3 = 75 \text{ Ц}$  — температура горячего воздуха на внутренней поверхности стенки медного патрубка;

$T_2 = 74 \text{ Ц}$  — температура горячей воды на внешней поверхности стенки медного.

На основании формулы (4), длина стороны квадрата теплопроводной площади медного патрубка равна

$$L_{\text{дс}} = S_{\text{мп}} * \sqrt{0,5} \quad (5)$$

$$L_{\text{дс}} = 0,09 * \sqrt{0,5} = 0,3 \text{ м}$$

На основании формул (4), (5) площадь квадрата теплопроводной поверхности медного патрубка равна

$$S_{\text{мп}} = L_{\text{дс}} * \sqrt{2} = L_{\text{дл}} * L_{\text{вс}} \quad (6)$$

где,

$L_{\text{дл}} = 0,3$  — длина стороны квадрата теплопроводной поверхности;

$L_{\text{вс}} = 0,3$  — высота стороны квадрата теплопроводной поверхности.

$$S_{\text{мп}} = 0,3 * 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$$

Только синтез уравнений Блэка и Фурье помогает найти величину главного параметра ВКТУ — площадь тепловой поверхности ( $S_{\text{мп}}$ ), на основе которой вычисляются (фактически диктуются) все остальные параметры тепловой установки. Площадь ( $S_{\text{мп}}$ ) медного патрубка, в виде плоской поверхности размером  $L_{\text{дл}} L_{\text{вс}} = 0,3 \text{ м} * 0,3 \text{ м}$ , способна обеспечить нагрев исходной воды массой) 0,239 кг за 1 сек до температуры 74 градуса Цельсия. Для этого, (в чем весь секрет) надо только превратить плоскую поверхность в цилиндрическую поверхность, и тогда простейшее уравнение Шези определит необходимую производительность воздушного компрессора.

В нашем случае, расчётная производительность принята с двукратным запасом. Скорость горячего воздуха, в медном патрубке диаметром  $D_{\text{мп}} = 0,1 \text{ м}$ , стала равной 0,6м/сек, что делает коэффициент энергетической эффективности ВКТУ равным  $\text{COP} = 24$ , при мощности компрессора и гидравлического насоса равной  $2,2 \text{ кВт} + 0,4 \text{ кВт} = 2,6 \text{ кВт}$  и количестве тепловой энергии — 64 кВт час. (В патенте ВКТУ запас производительности компрессора был принят троекратным — 459 л/мин воздуха, скорость его потока — 1 м/сек, в медном патрубке, внутренний диаметр которого 0,1 м и длина 1,0 м.

Затраченная мощность ВКТУ = 6,6кВт, количество тепловой энергии — 64 кВт час. Коэффициент энергетической эффективности  $\text{COP} = 10$ ).

В 2018 году предполагалось использовать компрессор REMEZA СБ/4С — 100.OLD 15Т

Страна производитель — Белоруссия, официальный представитель завода REMEZA в Украине,

г. Белая Церковь — ул. Товарная, 26. ООО Фирма «ЛЕТИСС»

Основные технические характеристики:

1. Производительность — 300 л/мин
2. Давление — 8 бар
3. Мощность двигателя — 1,1 + 1,1 кВт (тандемное исполнение — на одном ресивере, расположены два поршневых блока)
4. Количество оборотов — 1500 об/мин
5. Уровень шума — 71 Дб
6. Масса — 87 кг.

Теплообменный аппарат ВКТУ выполнен по принципу проточного кожухотрубного теплообменника «труба в трубе».

Кожуховый внешний патрубок 4, предназначен для потока исходной атмосферной воды от гидравлического насоса 5;

Внутри патрубка 4, концентрически размещён медный патрубок 3, который предназначен для потока горячего воздуха от компрессора 2, вход которого соединён, с всасывающим атмосферный воздух, с воздухопроводом 1. В свою очередь, водопроводный кожуховый патрубок размещён внутри воздухопроводного патрубка 6, вход которого соединён с медным патрубком 3, для подачи горячего воздуха, и предназначен для обдува отработанным горячим воздухом поверхности внешней стенки кожухового водопроводного патрубка 4. Выход патрубка 6 соединён с воздушным патрубком 7, соединённым со сбросным воздухопроводом 8, для выпуска в атмосферу отработанного в установке воздуха. Кроме того, вход гидравлического насоса 5 соединён, с помощью трубопровода 12, с напорным водопроводным патрубком 4, снабжённым соединительным патрубком 10 для выпуска горячей воды в бойлер 9. (рис.1).

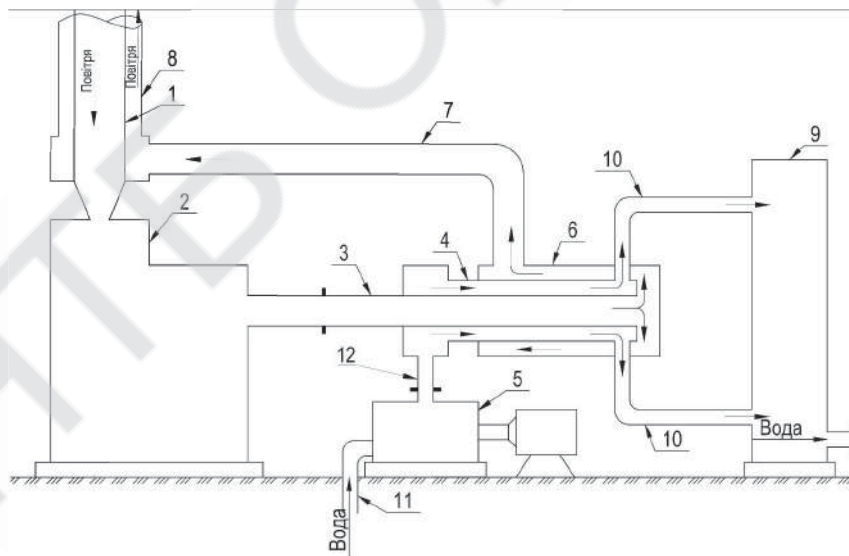


Рис. 1 – Воздушная компрессорная тепловая установка (ВКТУ)

#### Информационные источники

1. ПАТЕНТ на винахід № 117063 ПОВІТРЯНА КОМПРЕСОРНА ТЕПЛОВА УСТАНОВКА. Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі». Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 11.06.2018.

УДК 663.551.63:662.7

## **БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ**

**Циганков С.П., д.т.н., ст. наук. співроб., Іванова Т.С., к.б.н.  
Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки  
Національної академії наук України»**

Наразі в Україні працюють 6 заводів, які виробляють близько 50 тис. т біоетанолу на рік, в основному з цукрової меласи. Згідно прийнятих в Законах України положень про заміну викопних енергоносіїв на відновлювані, річна потреба в біоетанолі складає 300 тис. тонн. Біоетанольні заводи, виробляючи альтернативне паливо, самі є споживачами викопних енергоресурсів – природного газу або мазуту. На одну тону виробленого біоетанолу необхідно витратити близько 200...250 м<sup>3</sup> природного газу. Таким чином, у виробленому з поновлюваної сировини «зеленому» біоетанолі, є суттєва частка «не зеленої» енергії, що знижує його цінність як «екологічно дружнього» енергоресурсу. З іншого боку, підвищення цін на викопні енергоносії також змушує замислитися над пошуком нетрадиційних джерел для енергетичного забезпечення заводів з виробництва біоетанолу.

При виробництві біоетанолу утворюється значна кількість рідинних відходів – післяспиртрової барди (вінаси). На одну тону біоетанолу припадає 120...150 м<sup>3</sup> вінаси із вмістом близько 10 % органічної речовини, а решта – вода. Наразі утилізація вінаси являє собою велику проблему. Усі біоетанольні заводи України скидають її на поля фільтрації, де вона в результаті мікробіологічного розкладання виділяє у повітря шкідливі речовини і забруднює поверхневі водойми. Вінаса – залишок після дистиляції біоетанолу, рідина темно-коричневого кольору з високим рівнем хімічного споживання кисню (ХСК), до 100 кг/м<sup>3</sup> [1]. При потраплянні у водойми цих стічних вод, темний колір негативно впливає на фотосинтез рослин, а високе ХСК знижує вміст розчиненого у воді кисню, що призводить до загибелі флори та фауни [2]. Вінаса також може забруднювати ґрунти фенолами, сульфатами та важкими металами [3], призводити до утворення парникових газів та розмноження комах, які несприятливо впливають на розведення худоби [4]. Підприємства постійно знаходяться під тиском природоохоронних органів влади та населення близько розташованих місць, які змушують їх періодично зупиняти виробництво та нести відповідальність у судовому порядку.

Існує ряд методів для вирішення проблеми утилізації вінаси: біологічні (аеробне або анаеробне ферментування), окиснення органічних речовин (зокрема, реакцією Фентона або озонування) або коагуляція [1]. Вінасу можливо також використовувати як паливо для промислових котелень, якщо сконцентрувати до вмісту 55...60 % сухих речовин. Загальна кількість енергії в такому паливі повністю покриває потребу біоетанольного заводу, який і є джерелом скиду вінаси. Сконцентровані органічні речовини відходів можуть бути спалені в котлоагрегатах і практично повністю замінити викопні енергоносії (природний газ, мазут) для виробництва технологічної пари на потребу підприємства.

Сконцентрована барда для енергозабезпечення виробництва біоетанолу з недавнього часу використовується в основному в Бразилії, Індії. Там спалюється цукрово-тростинна вінаса, часто разом із тростинною багасою [5, 6]. Таке комбіноване паливо застосовується для потужних енергетичних агрегатів, які дають 20...60 тонн пари з температурою 400...450 °С.

<b>ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ</b> <i>Волчок В.О., Власов О.К.</i> .....	65
<b>БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ ТА ДОБРІВ</b> <i>Іванова Т.С., Кулічкова Г.І., Сивак В.О., Володько О.І., Лукашевич К.М., Циганков С.П.</i> .....	67
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ «МАГНЕГАЗА»</b> <i>Комарова-Ракова Я. О., Королев А.В.</i> .....	70
<b>ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОДВИГУНА КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ</b> <i>Медвідь А. М., Панченко В. О.</i> .....	72
<b>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ</b> <i>Бошков Л.З., Филипенко А.А.</i> .....	77
<b>ВОЗДУШНАЯ КОМПРЕССОРНАЯ ТЕПЛОВАЯ УСТАНОВКА (ВКТУ)</b> <i>Хлебников И.</i> .....	80
<b>БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ</b> <i>Циганков С.П., Іванова Т.С.</i> .....	83
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЛЬТРАТИВ ПОЛІМЕРВМІСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИГЕННОГО КОЛЕКТОРА</b> <i>Ахметова В.М., Іванків О.О., Світлицький В.М.</i> .....	85
<b>ПОСТРОЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НЕФТЕБАЗ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ НАСОСОВ МЕТОДОМ ХАРДИ КРОССА</b> <i>Бузовский В.П., Кологривов М.М.</i> .....	89
<b>ПІДВИЩЕННЯ ВИДОБУВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ ВПЛИВУ</b> <i>Ковальчук Ю.І., Світлицький В.М., Іванків О.О.</i> .....	91
<b>ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРУБОПРОВІДНИЙ ТРАНСПОРТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ</b> <i>Кологривов М. М., Гнатовський А. С.</i> .....	94
<b>АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИСОТИ НАЛИВУ НАФТИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ В РЕЗЕРВУАРАХ НА ВТРАТИ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ</b> <i>Сагала Т.А., Овезов Аман, Дорошенко В.М.</i> .....	97

Наукове видання

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції

### **«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року

*(українською, російською, англійською мовами)*

Підписано до друку 6.10.2020  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.  
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»  
ФОП Бондаренко М.О.  
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60  
тел.: +38 048 700 11 55  
[www.aprel.od.ua](http://www.aprel.od.ua)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.