

УДК 53.02:53.06

Исследование влияния концентрации раствора абсорбента на охлаждающую способность тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой

Канд. техн. наук В. П. ДАНЬКО,
vladislav.danko@mail.ru

Краснодарский филиал Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова
350002, г. Краснодар, ул. Садовая, 23

Канд. техн. наук В. В. КАРНАУХ
kvita9@rambler.ru

Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского
83050, г. Донецк, ул. Щорса, 31

Выполнен анализ физических процессов, протекающих в абсорбционных тепломассообменных аппаратах с подвижной насадкой (АПН), путем экспериментального их исследования. Получены зависимости изменения влагосодержания воздуха в абсорбере для различных значений начального влагосодержания воздуха. В качестве абсорбента использовался литиево-бромистый раствор (Li-Br). С ростом концентрации раствора абсорбента эффективность процесса абсорбции возрастает. В рассмотренном диапазоне начальных значений влагосодержания наружного воздуха 11...20 г/кг солнечная абсорбционная система обеспечивает достаточно эффективное снижение влагосодержания воздушного потока. В работе экспериментально доказано, что использование изученных абсорбционных систем решает задачу обеспечения комфортного кондиционирования в широком диапазоне параметров наружного воздуха ($x_s = 13...20$ г/кг, при $t = 25...40$ °C). Проиллюстрированы возможности предлагаемой солнечной системы при использовании ее для кондиционирования воздуха в условиях юга России.

Ключевые слова: абсорбент, абсорбционный цикл, подвижная насадка, тепломассообменный аппарат, влагосодержание.

Информация о статье

Поступила в редакцию 14.03.2016, принята к печати 08.07.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-3-73-77

Ссылка для цитирования

Данько В. П., Карнаух В. В. Исследование влияния концентрации раствора абсорбента на охлаждающую способность тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 73–77.

The influence of absorbent concentration on cooling capacity of heat and mass transfer devices with a mobile nozzle

Ph. D. V. P. DANKO
vladislav.danko@mail.ru

Plekhanov Russian University of Economics, Krasnodar Branch
Ph. D. V. V. KARNAUKH

kvita9@rambler.ru

Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky

The physical processes in the absorption heat and mass transfer devices with a mobile nozzle have been analyzed experimentally. The ratio between specific humidity change of atmospheric air in the absorber and the initial specific humidity was obtained. Lithium bromide solution (Li-Br) was used as an absorbent in the experiment. The efficiency of the absorption process increases with the increasing concentration of the absorbent. It was concluded that, if initial specific humidity of atmospheric air is from 11 to 20 gr/kg, solar absorption system provides quite effective decreasing of the specific humidity of this air flow. In this work it was proven experimentally that, the use of absorption systems in question contributes to providing comfortable air-conditioning in the wide range of outside air parameters ($x_{gas} = 13...20$ gr/kg, and $t = 25...40$ °C). The potential of the proposed solar system for air-conditioning systems in the areas of Russian South is shown.

Keywords: absorbent, absorption cycle, mobile nozzle, heat and mass transfer device, specific humidity

В условиях глобального экономического кризиса наиболее актуальными, в настоящий момент, являются вопросы энергосбережения и создания технических устройств, рабочие вещества и принцип действия которых являются экологически безопасными и энергоэффективными. Перечисленным выше требованиям соответствуют солнечные абсорбционные холодильные системы на основе тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой, в отличие от традиционных компрессионных холодильных систем [1–3]. Однако, в мировой и отечественной литературе отсутствует анализ процессов, протекающих в абсорбционных теплообменных аппаратах [4–6]. Целью данной работы являлось изучение физических процессов, протекающих в абсорбционных тепломассообменных аппаратах с подвижной насадкой (АПН), путем экспериментального их исследования.

Процесс восстановления раствора абсорбента играет определяющую роль в поддержании непрерывности абсорбционного цикла. Для экспериментального изучения характеристик абсорбционного цикла был использован стенд [1, 2], который представляет собой колонну цилиндрической формы, состоящую из набора прозрачных царг диаметром $D_k \approx 0,2$ м и высотой $H_k = 1$ м. С учетом высоты опорно-распределительной решетки высота рабочей зоны колонны составляет 0,95 м. Внутри абсорбционной колонны размещена опорно-распределительная решетка (ОРР) со слоем подвижной насадки (ПН) и водораспределитель с варьируемым расположением по высоте колонны. Эффективная площадь опорно-распределительной решетки $f_{ор.р} = 75\%$, высота рабочей зоны $H_{ст} = 0,5$ м. Возможности стенда: расходы теплоносителей и теплофизические параметры изменялись в диапазонах: скорость газа $w_r = 2,0 \dots 4,0$ м/с (осушаемый в абсорбере воздушный поток), удельный расход абсорбента $q_{ж} = 5 \dots 35$ м³/(м²·ч); значения температуры и влагосодержания наружного воздуха: $t_r = 30$ °C, $x_r = 11 \dots 20$ г/кг; начальная концентрация раствора абсорбента (крепкий раствор) $x = 64\%$. В опытах использовали полые целлюлозные частично заполненные водой шары со значением плотности элементов насадки $\rho_{эл} = 400$ кг/м³.

В качестве абсорбента использовался литиево-бромистый раствор (Li-Br). Подготовка раствора Li-Br требуемой концентрации и поддержание начальной концентрации этого раствора в процессе исследований обеспечивал контур десорбции (восстановления абсорбента), который включал: колонну пленочного типа с подвижной насадкой, два бака-аккумулятора — емкости для крепкого и слабого растворов абсорбента; теплообменник (внутренняя рекуперация теплоты, путем обмена между слабым холодным и крепким горячим растворами абсорбента); воздушонагреватель и нагреватель слабого раствора абсорбента, обеспечивающие требуемую температуру регенерации раствора абсорбента. При изучении влияния концентрации раствора абсорбента на охлаждающую способность тепломассообменных аппаратов учитывались данные по гидродинамике и теплофизическим особенностям абсорбентов, приведенные в работах [7–17].

Полученные результаты показаны на рис. 1 в виде зависимостей изменения влагосодержания воздуха в аб-

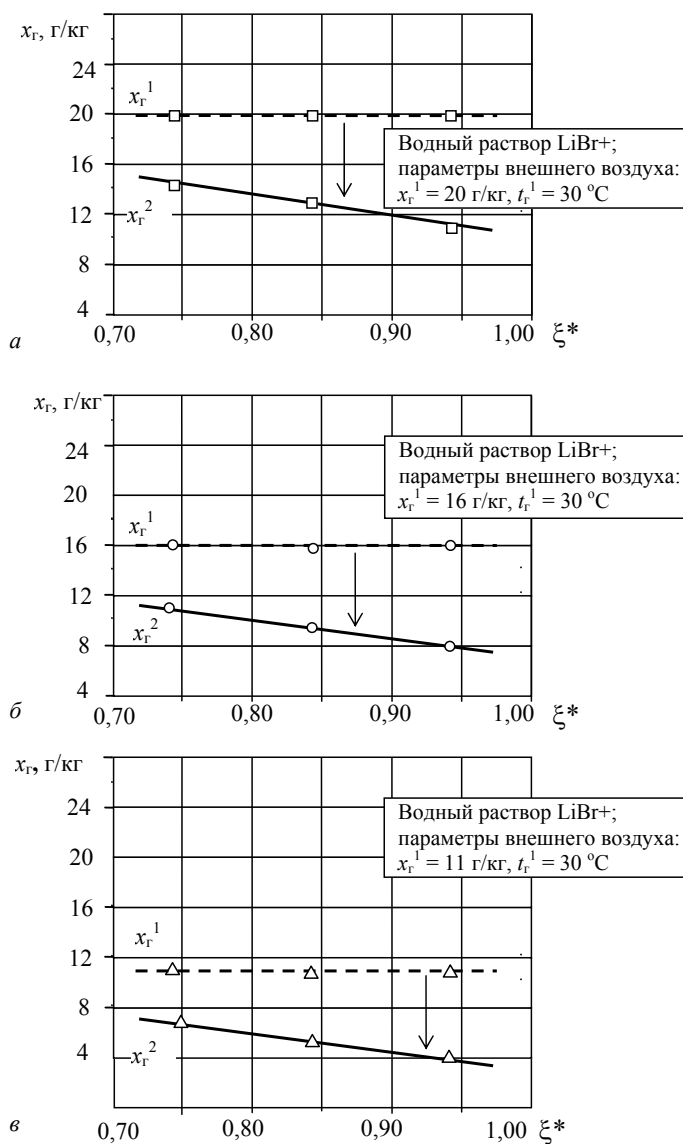


Рис. 1. Зависимость изменения влагосодержания воздуха в абсорбционной колонне от приведенной концентрации раствора и влагосодержания внешнего воздуха: а — при $x_r^1 = 20$ г/кг; б — при $x_r^1 = 16$ г/кг; в — при $x_r^1 = 11$ г/кг

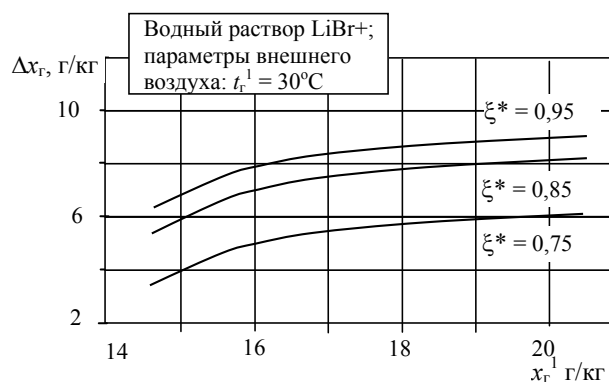


Рис. 2. Зависимость изменения влагосодержания воздуха в абсорбционной колонне от приведенной концентрации раствора и влагосодержания внешнего воздуха

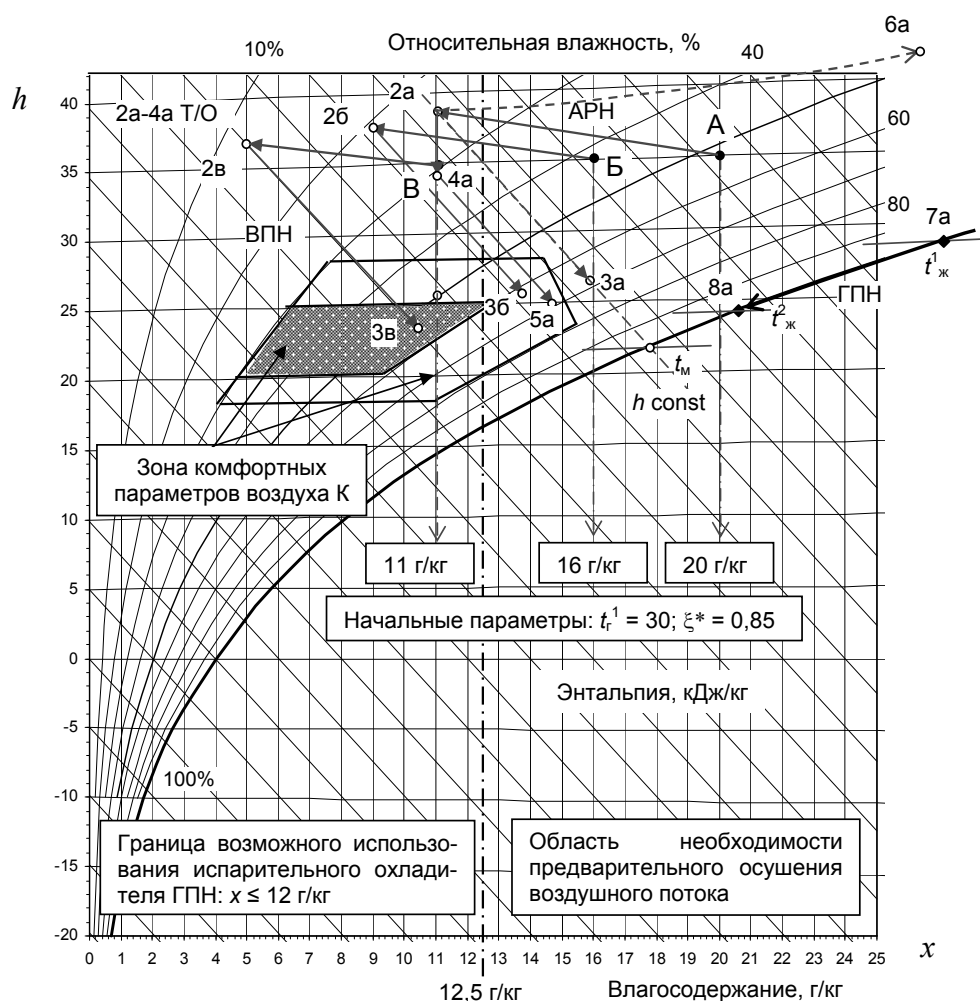


Рис. 3. Изображение процессов обработки воздушных потоков ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла в h - x диаграмме

сорбере АПН x_r^2 для различных значений начального влагосодержания воздуха x_r^1 . Приведенная концентрация раствора x^* является отношением рабочей концентрации к предельно возможной, соответствующей линии кристаллизации. С ростом концентрации раствора абсорбента эффективность процесса абсорбции возрастает. В рассмотренном диапазоне начальных значений влагосодержания наружного воздуха $x_r^1 = 11 \dots 20$ г/кг солнечная абсорбционная система обеспечивает достаточно эффективное снижение влагосодержания воздушного потока, позволяющее эффективно использовать испарительное охлаждение в охладительном контуре системы.

На рис. 2 показан результат осушения воздуха в абсорбере при различных значениях исходного влагосодержания воздуха и величинах концентрации абсорбента.

Применительно к разрабатываемым солнечным системам на примере задачи кондиционирования воздуха ССКВ на h - x -диаграмме влажного воздуха (рис. 3) проиллюстрированы возможности такой солнечной системы при использовании ее для кондиционирования воздуха в условиях юга России. В случае, когда исходное влагосодержание воздуха не превышает 16...17 г/кг (расчетные параметры т. Б и т. В) солнечная система обеспечивает осушение воздушного потока (процессы А-2а, Б-2б, В-2в

показаны с некоторым возрастанием значений температуры в процессе абсорбции); приближение процесса осушения воздуха к изотермичному процессу повышает эффективность осушения, но сопряжено с некоторым ростом энергозатрат на охлаждение воды в технологической градирне с подвижной насадкой (ГПН), обслуживающей абсорбер; это вполне достаточно для последующего получения комфортных параметров воздуха в воздухоохладителе (процессы 2а-3а, 2б-3б, 2в-3в). Когда влагосодержание x_r^1 выше 17 г/кг, осушенный воздушный поток может быть разделен на две части: одна часть потока поступает на градирню ГПН для охлаждения воды (процесс 7а-8а), которая в свою очередь используется для предварительного охлаждения осушенного воздуха в воздушно-водяном теплообменнике (процесс 2а-4а) и последующего охлаждения в ВПН (процесс 4а-5а) с получением требуемых комфортных параметров в помещении.

Отметим, что указанное значение влагосодержания (до 17 г/кг) соответствует климатическим условиям Ростовской области, Краснодарского края, Северного Кавказа.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Аппараты, работающие по принципу открытого абсорбционного цикла с подвижной насадкой, — перспек-

тивное направление развития тепломассообменных аппаратов, обеспечивающее устойчивую эксплуатацию в экстремальных технологических условиях (рост нагрузок, высокую поперечную равномерность); использование этого принципа для реализации процессов тепломассообмена при испарительном охлаждении в системе «вода-воздух» и осушения в системе «абсорбент-воздух» особенно перспективно с учетом предотвращения возможных загрязнений и отложений на рабочих поверхностях и стенках колонн.

В работе экспериментально доказано, что использование изученных абсорбционных систем решает задачу обеспечения комфортного кондиционирования в широком диапазоне параметров наружного воздуха ($x_2 = 13...20$ г/кг, при $t = 25...40$ °С, то есть при самых тяжелых внешних условиях) и задачу охлаждения сред на уровне $3...8$ °С; показано, что альтернативная система, работающая по принципу открытого абсорбционного цикла, приводит к меньшему истощению природных ресурсов и вносит меньший вклад в глобальное изменение климата [18–20].

Литература

1. Веселов Ф. В., Новикова Т. В., Хоршев А. А. Технологическое обновление теплоэнергетики как долгосрочный фактор сдерживания роста цен электроэнергии // Теплоэнергетика. 2015. № 12. С. 3.
2. Горин А. Н., Дорошенко А. В., Данько В. П. Тепломассообменные аппараты с подвижной насадкой для традиционных и альтернативных энергетических систем: монография. — Донецк: Світ книги, 2013. 327 с.
3. Солнечные осушительно-испарительные холодильные системы на основе тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой / В. П. Данько // Автореферат дисс.... на соискание уч. степени канд. техн. наук. — Одесса: ОНАПТ, 2013. с. 22.
4. Данько В. П., Кудрин А. Б., Радионенко В. Н. Использование альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов в холодильной отрасли. Ладапринт, 2015. 157 с.
5. Карнаух В. В., Бирюков А. Б., Ржесик К. А., Кравцов В. В. Термодинамика в промышленной теплотехнике и теплоэнергетике: учебник. — Донецк: ДонНУЭТ, 2014. 343 с.
6. Термодинамика промышленной теплотехники: учебник / В. В. Кравцов, А. Б. Бирюков, В. В. Карнаух. — Донецк: Ноулидж, 2011. 466 с.
7. Shestova T. D., Markvart A. S., Lozovsky T. L., Zhelezny V. P. Cubical equations of state for predicting the phase equilibria of poorly studied substances // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2013. Vol. 87. No 6. p. 883.
8. Беляев И. А., Захарова О. Д., Краснощёкова Т. Е., Свиридов В. Г., Сукомел Л. А. Лабораторное моделирование теплообмена жидкостей с числами $Pr > 1$. Теплоотдача. // Теплоэнергетика. 2016. № 2. С. 5.
9. Данько В. П., Карнаух В. В. Исследование физической структуры движения потоков жидкости в аппаратах с подвижной насадкой // Сб. ст. по материалам XXXVIII Международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии». — М.: Интернаука, 2016. № 2 (31).
10. Поддубный И. И., Разуванов Н. Г. Исследование гидродинамики и теплообмена при опускном течении жидкого металла в канале прямоугольного сечения в компланарном магнитном поле // Теплоэнергетика. 2016. № 2. С. 13.
11. Secheniy V. V., Zhelezny V. P. Predicting the viscosity of halogenated alkane mixtures at the boiling line // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2010. Vol. 84. No 6. p. 1079.
12. Zhelezny V. P., Nichenko S. V., Semenyuk Yu. V., Skripov P. V. Experimental investigation of the enthalpy of isobutane-compressor oil solutions // Journal of Chemical and Engineering Data. 2010. Vol. 55. No 3. p. 1322–1326.
13. Дорошенко А. В., Васютинский С. Ю., Данько В. П., Глауберман М. А. Исследование процессов в тепломассообменных аппаратах с подвижной насадкой для солнечных многофункциональных систем // Физика аэродисперсных систем. 2012. № 49. С. 14–26.
14. Валуева Е. П., Пурдин М. С. Гидродинамика и теплообмен пульсирующего ламинарного потока в каналах // Теплоэнергетика. 2015. № 9. С. 24.
15. Imre A. R., Házi G., Horváth Á., Maráczy C., Mazur V., Artemenko S. The effect of low-concentration inorganic materials on the behaviour of supercritical water // Nuclear Engineering and Design. 2011. Vol. 241. No 1. p. 296–300.
16. Данько В. П. Экспериментальное исследование процессов тепломассообмена в слое подвижной насадки осушительного контура солнечных систем. // Оборудование и технологии пищевых производств: сб. науч. трудов. — Донецк: ДонНУЭТ, 2013. Вып. 30. С. 31–37.
17. Суханов В. А. Экспериментальное исследование переохлаждения конденсата на модели воздухоохлаждаемого конденсатора / В. А. Суханов, А. П. Безухов, И. А. Богов, Н. Ю. Донцов, И. Д. Волковицкий, В. В. Толмачев // Теплоэнергетика. 2016. № 1. С. 19.
18. Данько В. П. Солнечные коллекторы с металло-полимерным абсорбером для систем теплоснабжения // Научные труды Одесской национальной академии пищевых производств. 2014. Вып. 45. Т. 1. С. 88–94.
19. Комбинированные современные системы теплоснабжения и кондиционирования воздуха / А. В. Дорошенко, В. П. Данько // Оборудование и технологии пищевых производств: сб. науч. трудов. — Донецк: ДонНУЭТ, 2011. Вып. 26. С. 517–522.
20. Соснина Е. Н., Маслеева О. В., Крюков Е. В. Сравнительная экологическая оценка установок нетрадиционной энергетики // Теплоэнергетика. 2015. № 8. С. 3.

References

1. Veselov F. V., Novikova T. V., Khorshev A. A. Technological updating of power system as long-term factor of control of increase in prices of the electric power. *Teploenergetika*. 2015. No 12. p. 3. (in Russian)
2. Gorin A. N., Doroshenko A. V., Dan'ko V. P. Teplomassoobmennyye apparaty s mobilnoy nasadkoj dlya tradicionnykh i alternativnykh energoobmennyykh sistem: monograph. — Donetsk: Svit knigi, 2013. 327 p. (in Russian)
3. Solar drying and vaporizing refrigerating systems on a basis the teplomassoobmennyykh of devices with a mobile nozzle. / V. P. Danko // Avtoreferat diss. ... na soiskanie uch. stepeni kand. tekhn. nauk. Odessa: ONAPT, 2013. p. 22. (in Russian)

4. Danko V. P., Kudrin A. B., Radionenko V. N. Use of alternative energy sources and secondary energy resources in refrigerating branch. Ladaprint, 2015. 157 p. (in Russian)
5. Karnaukh V. V., Biryukov A. B., Rzheshik K. A., Kravtsov V. V. Thermodynamics in the industrial heating engineer and power system: textbook. Donetsk: DonNUET, 2014. 343 p. (in Russian)
6. Thermodynamics industrial heating engineers: textbook / V. V. Kravtsov, A. B. Biryukov, V. V. Karnaukh. Donetsk: Noulidzh, 2011. 466 p. (in Russian)
7. Shestova T. D., Markvart A. S., Lozovsky T. L., Zhelezny V. P. Cubical equations of state for predicting the phase equilibria of poorly studied substances. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 2013. Vol. 87. No 6. p. 883.
8. Belyaev I. A., Zakharova O. D., Krasnoshchekova T. E., Sviridov V. G., Sukomel L. A. Laboratory modeling of heat exchange of liquids with $Pr > 1$ numbers. *Thermolysis. Teploenergetika*. 2016. No 2. p. 5. (in Russian)
9. Danko V. P., Karnaukh V. V. Research of physical structure of the movement of streams of liquid in devices with a mobile nozzle. Collection materials XXXVIII of the International scientific and practical conference «Scientific discussion: questions of mathematics, physics, chemistry, biology». Moscow: Internauka, 2016. No 2 (31). (in Russian)
10. Poddubnyi I. I., Razuvanov N. G. Research of hydrodynamics and heat exchange at a lowering current of liquid metal in the channel of rectangular section in a coplanar magnetic field. *Teploenergetika*. 2016. No 2. p. 13. (in Russian)
11. Sechenniyh V. V., Zhelezny V. P. Predicting the viscosity of halogenated alkane mixtures at the boiling line. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 2010. Vol. 84. No 6. p. 1079.
12. Zhelezny V. P., Nichenko S. V., Semenyuk Yu. V., Skripov P. V. Experimental investigation of the enthalpy of isobutane-compressor oil solutions. *Journal of Chemical and Engineering Data*. 2010. Vol. 55. No 3. p. 1322–1326.
13. Doroshenko A. V., Vasyutinskii S. Yu., Danko V. P., Glauberman M. A. Research of processes in the teplomassoobmennyykh devices with a mobile nozzle for solar multipurpose systems. *Fizika aerodispersnykh sistem*. 2012. No 49. p. 14–26. (in Russian)
14. Valueva E. P., Purdin M. S. Hydrodynamics and heat exchange of the pulsing laminar stream in channels. *Teploenergetika*. 2015. No 9. p. 24. (in Russian)
15. Imre A. R., Házi G., Horváth Á., Maráczy C., Mazur V., Artemenko S. The effect of low-concentration inorganic materials on the behaviour of supercritical water. *Nuclear Engineering and Design*. 2011. Vol. 241. No 1. p. 296–300.
16. Danko V. P. Pilot study of processes of a heatmass exchange in a layer of a mobile nozzle of a drying contour of solar systems. Equipment and technologies of food productions: collection of scientific works. Donetsk: DonNUET, 2013. Vol. 30. p. 31–37. (in Russian)
17. Sukhanov V. A. Pilot study of overcooling of condensate on model of the air-cooled condenser / V. A. Sukhanov, A. P. Bezukhov, I. A. Bogov, N. Yu. Dontsov, I. D. Volkovitskii, V. V. Tolmachev. *Teploenergetika*. 2016. No 1. p. 19. (in Russian)
18. Danko V. P. Solar collectors with a metal-polymeric absorber for systems of heatcold supply. *Nauchnye trudy Odesskoi natsional'noi akademii pishchevykh proizvodstv*. 2014. Vol. 45. No 1. p. 88–94. (in Russian)
19. The combined modern systems of heatcold supply and air conditioning / A. V. Doroshenko, V. P. Danko/ Equipment and technologies of food productions: collection of scientific works. Donetsk: DonNUET, 2011. Vol. 26. p. 517–522. (in Russian)
20. Sosnina E. N., Masleeva O. V., Kryukov E. V. Comparative ecological assessment of installations of nonconventional power. *Teploenergetika*. 2015. No 8. p. 3. (in Russian)



14th - 16th October 2016
Sarit Centre, Nairobi, Kenya

Agro & Poultry, International Trade Show on Agriculture, Farming, Poultry and Equipment Trade Exhibition. The exhibition will be held from 14-16 October 2016, at Sarit Expo Centre, Nairobi, Kenya.

Exhibitors

Agro & Poultry provides a unique opportunity to expand your brand in one of the most astonishing business destinations in Africa. The Exhibition attracts exhibitors from around 18 countries.

Тематики выставки:

- Пищевая промышленность
- Сельское хозяйство. Садоводство
- Животные, зоотовары, ветеринария

Телефон: +97142087620

E-mail: info@mxmexhibitions.com

Сайт: http://www.mxmexhibitions.com/agropoultry_kenya/