

Исследование теплофизических свойств зерновых суспензий в процессе механико-ферментативной обработки

Т. С. ИБРАГИМОВ, А. В. ЧЕБОТАРЬ, А. Г. НОВОСЕЛОВ
dekrosh@mail.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

Существует несколько подходов к совершенствованию технологического процесса производства этанола. Одним из них является совершенствование машинно-аппаратурной схемы. Проведение водно-тепловой обработки зернового сырья, осахаривания и сбраживания полученного сусла в кожухотрубном струйно-инжекционном броидильном аппарате (КСИБА) позволяет уменьшить машинно-аппаратурное оформление технологической линии. Реализация данной идеи не была бы возможной без предварительного исследования теплообменных характеристик данного аппарата и определения таких параметров, как коэффициенты теплоотдачи и коэффициенты теплопередачи.

Ключевые слова: КСИБА, теплообмен, коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи, водно-зерновая суспензия.

Study on thermophysical properties of grain suspensions in mechanic and enzyme treatment

T. S. IBRAGIMOV, A. V. CHEBOTAR, A. G. NOVOSELOV

*National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
Institute of Refrigeration and Biotechnologies
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

There are several approaches to improve the process of ethanol production. One is the improvement of the equipment. Carrying water and heat treatment of water-grain suspensions, saccharification and fermentation of the wort in the jet injection fermenter (JIF) can reduce the hardware design of the machine and production line. The implementation of this idea would not have been possible without the preliminary study of heat transfer characteristics of the system and determine the parameters such as the heat transfer coefficient.

Keywords: JIF, heat transfer, heat transfer coefficient, water-grain suspension

Технологические процессы производства биопродуктов связаны с большими энергетическими затратами, поэтому особое внимание уделяется энергоэффективности применяемого технологического оборудования, а также, стремлению снизить общие энергетические затраты.

В пищевой промышленности одним из важнейших требований, предъявляемым к теплообменному оборудованию, является скорость нагрева или скорость охлаждения обрабатываемой среды. От этого параметра во многом зависит не только сокращение времени того или иного технологического процесса, но и органолептические, а также, физико-химические свойства обрабатываемых пищевых сред.

При производстве этилового спирта немаловажным технологическим параметром является скорость нагрева водно-зерновой суспензии при проведении ее водно-тепловой обработки. Скорость нагрева оказывает влияние на такие качественные показатели как органолептика. Также подтвержден факт того, что время термической обработки получаемых зерновых гидролизатов сказывается на появлении побочных продуктов спиртового брожения, а также, отрицательно влияет на реологические характеристики замесов при разваривании [1, 2]

Стремление перейти к низкотемпературному развариванию крахмалсодержащего сырья при ВТО [3], несомненно, позволит сократить энергетические затраты. Известно, что энергетические затраты определяются конструкцией теплообменного оборудования и процессами, обусловленными гидродинамической обстановкой в нем.

Интенсивность теплообменного процесса, проходящего в том или ином теплообменном аппарате, оценивают по значению коэффициента теплопередачи, а также по скорости нагрева. Однако, и коэффициент теплопередачи, и скорость нагрева являются показателями, зависящими от свойств той или иной среды, над которой протекает процесс. В большинстве случаев при проектировании теплообменного оборудования пользуются справочными данными физических свойств распространенных жидкостей, что допустимо при приближенных расчетах. Однако, для более точных теплообменных расчетов необходимо знать значения коэффициентов теплоотдачи α от обрабатываемого продукта к стенке (или наоборот), что особенно важно для продуктов и сред, качественные и технологические свойства которых изменяются во времени.

Представленная нами пилотная модель кожухотрубного струйно-инжекционного бродильного аппарата (КСИБА) для проведения водно-тепловой обработки, осахаривания и сбраживания полученного сусла подробно описана в работе [3]. Для составления методики расчета подобного аппарата возникла необходимость в исследовании его теплообменных характеристик в целях определения действительных значений коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи исследуемых сред при определенных технологических режимах работы КСИБА.

Схема экспериментальной установки для проведения исследований теплообменных характеристик КСИБА представлена на рис. 1. В качестве исследуемой среды использовались водно-зерновые ячменные замесы с различными гидромодулями 1:4, 1:3, 1:2.5 и определенной дозировкой ферментных препаратов разжижающего действия. Степень измельчения зерна ячменя соответствует 100 % проходу через сито с отверстиями 1 мм.

Исследования проводились в два этапа. На первом этапе стояла задача определить скорость нагрева газожидкостной смеси в КСИБА для оценки возможности проведения ВТО зернового замеса в нем. Источником тепла служили электрические нагреватели, при помощи которых подогревалась вода, циркулирующая в замкнутом контуре. Холодная вода для охлаждения подавалась непосредственно в теплообменник. На рис. 2 представлен график зависимости скорости нагрева при различных значениях расхода жидкости (воды).

На втором этапе исследований теплообменных характеристик проводились непосредственно эксперименты по ВТО водно-зерновых суспензий из ячменя с различными гидромодулями. В результате были определены такие параметры как коэффициент теплопередачи (K) и коэффициент теплоотдачи от водно-зерновой суспензии к стенке (α) при различных значениях гидромодулей замесов и расходах водно зерновой суспензии.

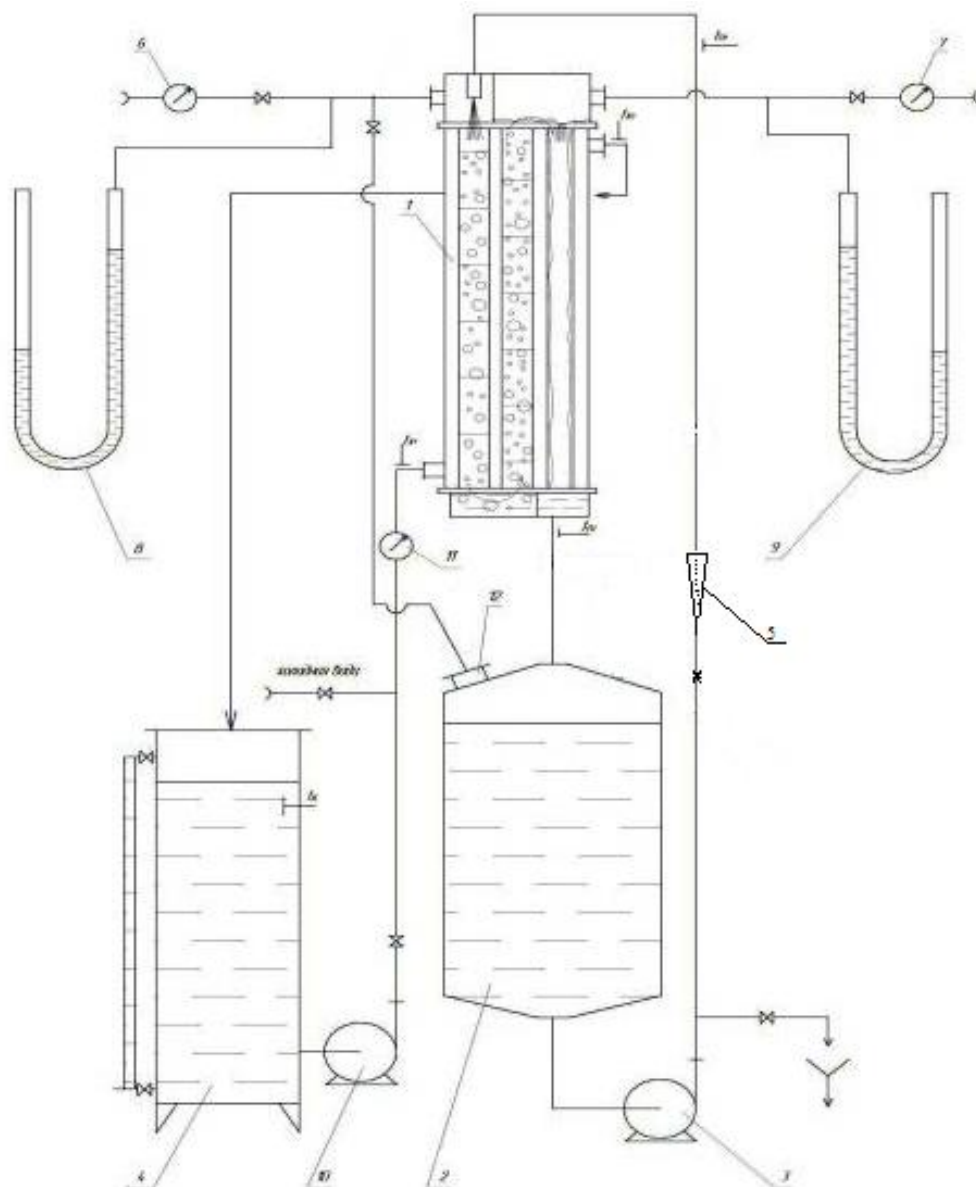


Рис. 1 Схема экспериментальной установки для исследования теплообменных характеристик КСИБА:

1 – трехтрубная модель кожухотрубного струйно-инжекционного бродильного аппарата (КСИБА), 2 – емкость-накопитель, (Е-Н), 3 – циркуляционный насос, 4 – водоподогреватель, 5 – жидкостный ротаметр, 6, 7 – газовые счетчики ГСБ-400, 8, 9 – дифференциальные жидкостные манометры, 10 – циркуляционный насос на линии подачи теплоносителя, 11 – объемный счетчик для измерения расхода тепло- или холодоносителя, 12 – патрубок для осуществления подачи измельченного продукта и воды, $t_k, t_{x1}, t_{x2}, t_{n1}, t_{n2}$. – датчики температуры

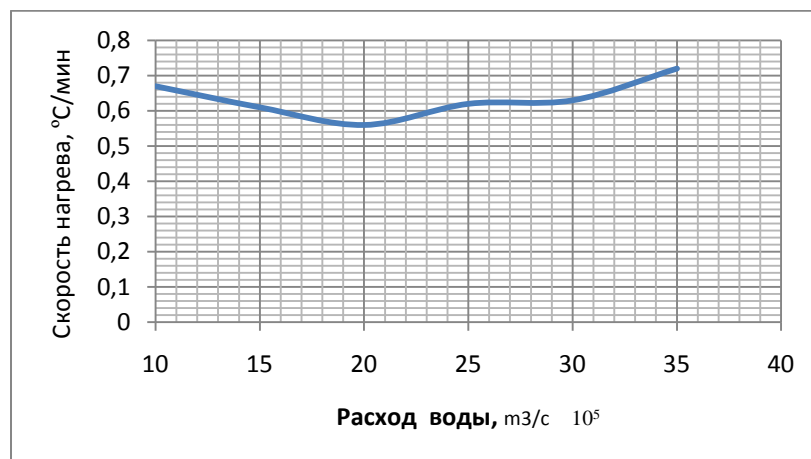


Рис. 2. Влияние расхода воды на изменение скорости ее нагрева в КСИБА

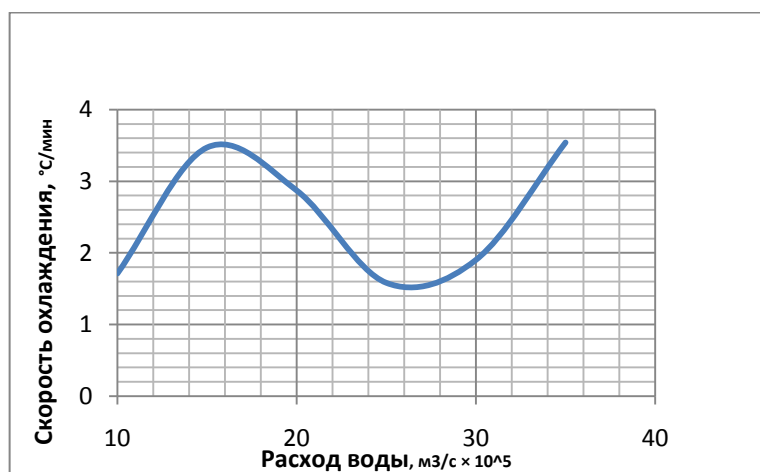


Рис. 3 Влияние расхода воды на изменение скорости ее охлаждения в КСИБА

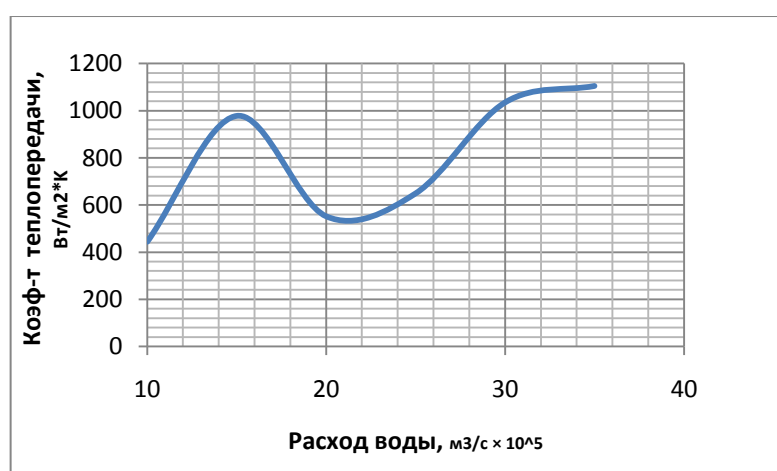


Рис. 4 Зависимость изменения коэффициента теплопередачи от расхода воды в КСИБА

В таблице приведены данные эксперимента.

Гидромодуль	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	$\alpha, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
1:4	1862	2473
1:3	824	995
1:2,5	383	447

Как видно из приведенных данных в таблице, уменьшение гидромодуля ведет к снижению коэффициента теплоотдачи и, соответственно, снижению коэффициента теплопередачи. Наличие на рисунках 2, 3, 4 экстремумов вероятно связано с изменением режимов работы аппарата, которые подробно описаны в работе [4].

Список литературы

1. Яковлев А.Н., Востриков С.В., Корнеева О.С., Яковлева С.Ф. Влияние мультиэнзимного комплекса на вязкость ячменных замесов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 9. с.46-47
2. Яковлев А.Н., Смирных А.А., Бушин М.А., Яковлева С.Ф., Филатова Ю.Н. Влияние мультиэнзимного комплекса на вязкость ржаных замесов // Производство спирта и ликероводочных изделий – 2007-№1 – с. 17-18
3. Баракова Н.В., Ибрагимов Т.С, Начетова М.А., Новоселов А.Г. Повышение эффективности производства спирта за счет проведения нескольких технологических стадий в одном аппарате 1. Кожухотрубный струйно-инжекционный бродильный аппарат (КСИБА) // ЭНЖ «Процессы и аппараты пищевых производств». 2010. № 2.
4. Сивенков А.В. Интенсификация гидродинамических процессов в струйных аппаратах пищевой промышленности / Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – 2007 – СПб – с.16