

РАСЧЁТ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНО-СОЛОДОВОЙ СУСПЕНЗИИ

Кузнецов А. Ю. (ИТМО)

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор - Новосёлов А.Г. (ИТМО)

Введение. Одной из первых задач был подбор оборудования, который позволил бы произвести данные измерения. Метод нестационарного плоского источника тепла сегодня является самым точным и удобным способом изучения теплопроводящих свойств, поэтому в качестве оборудования был выбран анализатор теплофизических коэффициентов Hot Disk. Данный метод является абсолютным способом предоставления информации о теплопроводности, температуропроводности, а также теплоемкости на единицу объема исследуемого материала [1]. Однако, была выявлена проблема расслаивания суспензии, которая повлияла на полученные данные.

Актуальность. Важнейшим условием, гарантирующим успешное развитие малых пивоваренных предприятий, является наличие на российском рынке универсального технологического оборудования, позволяющего осуществлять в нем, не один, а несколько стадий технологического процесса. Такой подход был рассмотрен в работах [2, 3]. Цель предложенного изобретения заключалась в упрощении машинно-аппаратурной схемы производства этилового спирта путем последовательного проведения основных технологических стадий водно-тепловой подготовки ячменного зерна к сбраживанию и собственно процесса сбраживания в одном аппарате. Так была выбрана конструкция кожухотрубного струйно-инжекционного аппарата. Но его разработка требует более глубоких теоретических и экспериментальных исследований процессов, происходящих в рабочем объеме аппарата. В свою очередь, определение теплофизических свойств солодовой суспензии является актуальной задачей для расчёта КСИА.

Основная часть. В качестве измеряемой среды выступает солодовая суспензия. Солод предварительно был размолот на мельнице и проведён рассев на ситах. Данная процедура необходима для разделения помола по фракциям.

Для эксперимента была приготовлена солодовая суспензия со средним значением гидромодуля 1:3.5 [4], где использовалась фракция 0-0.18 мм. Затем суспензия была оставлена на 30 минут при комнатной температуре, с целью растворения. Радиус датчика (глубина пробы) для суспензии составила 2 мм, для помола 6.3 мм.

При проведении экспериментов, было выявлено, что солодовая суспензия имеет свойство быстро расслаиваться, что может повлиять на полученные данные, так как кэптоновый датчик оказывался в водной среде. При анализе полученных данных, были выявлены отклонения, так коэффициент теплопроводности принял значение эквивалентное воде, что не является релевантным. Метод нестационарного плоского источника тепла позволяет провести исследование помола. Было решено исследовать теплофизические свойства помола солода, а по полученным данным произвести расчёт для суспензии. Коэффициент теплопроводности помола солода для составил для данной степени измельчения варьировался в диапазоне от 0,135 до 0,164 Вт/(мК).

В ходе исследования литературы было выявлено, что коэффициент теплопроводности суспензии k_{nf} является возможным рассчитать по формуле Максвелла. При приготовлении солодовой суспензии основополагающим фактором является гидромодуль, что является отношением массы помола к объёму воды. Поэтому объём помола был рассчитан через насыпную плотность помола солода и массу помола. В свою очередь, насыпная плотность была определена экспериментально для каждой из фракций.

Выводы. Проведя обзор литературных источников, следует отметить, что сведений о теплофизических свойствах солода и водно-солодовой суспензии имеется крайне мало, а имеющиеся могут быть использованы лишь для оценки адекватности полученных данных коэффициента теплопроводности. Так для ячменного солода (немолотого) согласно источнику [5] $k_p=0.210$ Вт/(мК). Касательно водно-солодовых суспензий, данных из литературных источников, не было обнаружено, однако, как показали экспериментальные исследования [6], коэффициент теплопроводности водоугольной суспензии существенно увеличивается по сравнению с углем и изменяется в диапазоне $k_{нф}=0.410-0.810$ Вт/(мК), закономерно увеличиваясь с ростом температуры в исследуемом диапазоне. Полученные результаты по коэффициенту теплопроводности помола солода варьируются в следующем диапазоне $k_p=0.135-0.164$ Вт/(мК), по коэффициенту теплопроводности солодовой суспензии варьируются в следующем диапазоне $k_{нф}=0.175-0.380$ Вт/(мК). Исходя из вышеприведённых примеров данные результаты являются релевантными. Полученные данные коэффициента теплопроводности могут применяться при расчёте теплообменников в пивоваренной промышленности.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 34374.2-2017 (ISO 22007-2: 2015). Пластмассы. Определение теплопроводности и температуропроводности, часть 2. Метод с применением плоского источника тепла (нагретого диска) при переменном режиме: межгосударственный стандарт: дата введения 2017-11-30/ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - Изд. официальное. – М.: Стандартинформ. 2018. 23 с.
2. Ибрагимов Т.С., Совершенствование машинно-аппаратурной схемы производства этилового спирта: дисс. канд. техн. наук. СПб.: СПб НИУ ИТМО. 2014. 94 с.
3. Чеботарь А.В., Совершенствование спиртовых производств на основе экспериментальных исследований рео- и гидродинамики водно-зерновых суспензий в трубах технологических аппаратов.: дисс. канд. техн. наук. СПб.: СПб НИУ ИТМО. 2014. 136 с.
4. Новосёлов А.Г., Малахов Ю.Л., Степаненко А.В., Гуляева Ю.Н., Исследование реологических свойств водно-зерновых суспензий, приготовленных на основе измельченного солода. СПб.: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» № 4. 2016. С. 83-90.
5. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность. 1966. – 407 с.
6. Пинчук В.А., Жуков В.Е., Шарабура Т.А., Экспериментальные исследования теплопроводности водоугольных суспензий. Днепропетровск: Современная наука исследования, идеи, результаты, технологии. 2013.№2. С. 149-155.