

Вычисление изменений температурных режимов в простейших ёмкостных охладителях молока на малых фермах

В.И. Квашенников, д.т.н., профессор, В.А. Шахов, д.т.н., профессор, А.П. Козловцев, к.т.н., А.А. Панин, к.т.н., А.А. Петров, к.т.н., Г.С. Коровин, аспирант, М.И. Попова, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Сохранение полезных свойств молока, соблюдение нормативов по кислотности, количеству бактерий – важные задачи для животноводческих предприятий, решить которые возможно за счёт своевременного и качественного охлаждения. Для этих целей промышленность выпускает большое количество дорогостоящего холодильного оборудования, приобрести которое имеют возможность в основном только средние и крупные хозяйства [1].

По данным статистики, в 2014 г. более 50% молока произведено в личных подсобных и крестьянско-фермерских хозяйствах с поголовьем 1–50 гол. дойного стада. Для этих хозяйств на российском рынке практически отсутствует промышленное оборудование для охлаждения молока. Такое положение вынуждает мини-фермы с небольшим поголовьем применять для охлаждения молока простейшее оборудование – фляги, ёмкости и вёдра, которые помещают в ванны с проточной водой, бассейны со льдом, на открытые площадки в холодный период года. Положительной стороной использования естественного холода является экономия электроэнергии [2–4]. Но при таком способе охлаждения молока, как правило, есть серьёзный недостаток – отсутствие возможности определения режимов охлаждения (температура, время, скорость охлаждения). К сожалению, в литературе отсутствуют рекомендации и методики расчёта процессов охлаждения простейшими способами с использованием естественного холода. В связи с этим мы предложили исправить этот недостаток, разработав программу для вычисления

изменения температурных режимов в рассматриваемых системах охлаждения [5, 6], что стало целью исследования.

Методы исследования. При составлении программы руководствовались методами классической механики, гидравлики, гидро- и ледотермики, математического и компьютерного моделирования. Результаты исследований обрабатывали в соответствии с общепринятыми методиками планирования многофакторного эксперимента с использованием программных продуктов Microsoft Excel, Math CAD 10, Statistica 10.

Результаты исследования. Исходя из законов теплообменных процессов логично предположить, что при размещении ёмкостей с охлаждаемыми продуктами в ограниченной охлаждающей среде температура продуктов будет уменьшаться, а температура среды увеличиваться. Этот процесс будет длиться до тех пор, пока температура всех продуктов и температура охлаждающей среды не уравниваются, остановившись на какой-то общей, единой для всех, величине. Назовём эту температуру равновесной.

При ограниченных массах хладоносителя и охлаждаемых продуктов в процессе теплообмена температура хладоносителя повышается, а продуктов уменьшается. Этот процесс идёт непрерывно до тех пор, пока не установится равновесная температура. При графическом изображении процесса температуры охлаждаемых продуктов и нагреваемой воды по экспоненциальной кривой стремятся к равновесному значению T_p (рис. 1) [7].

Наглядное представление характера изменения температуры охлаждаемого продукта и хладоносителя даёт графическое изображение процесса. Однако для построения графиков изменения температуры требуется очень большой объём вычислительных

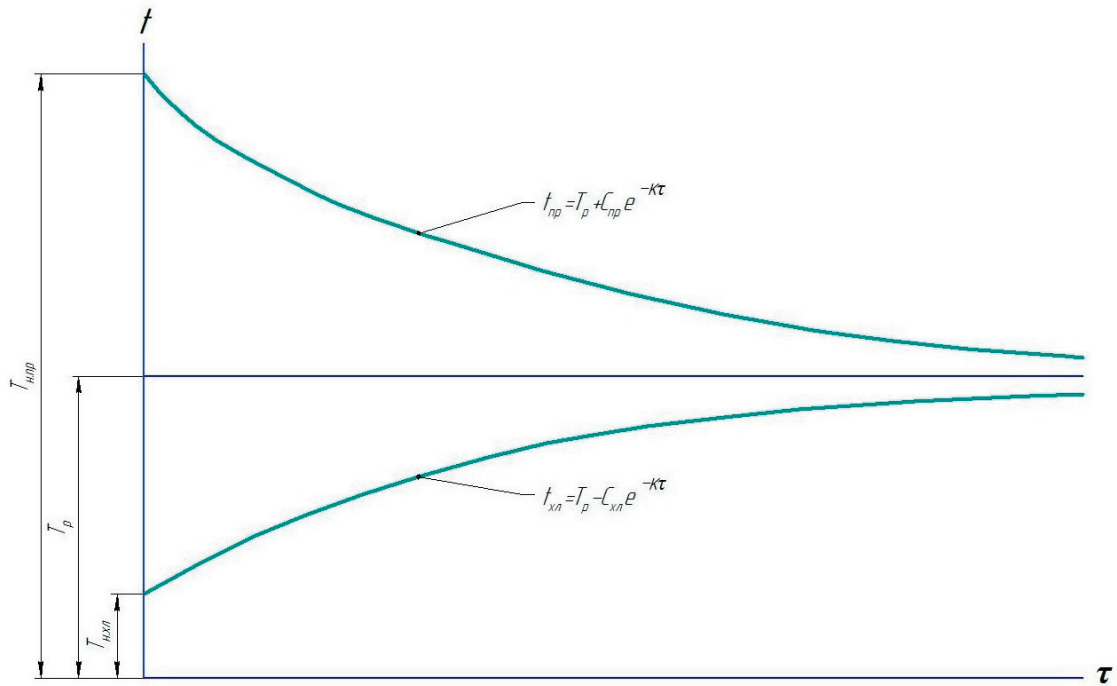


Рис. 1 – График изменения температуры продукта и хладоносителя при теплопередаче через стенку: $T_{н.пр}$ – начальная температура продукта; $T_{н.хл}$ – начальная температура хладоносителя; T_p – равновесная температура

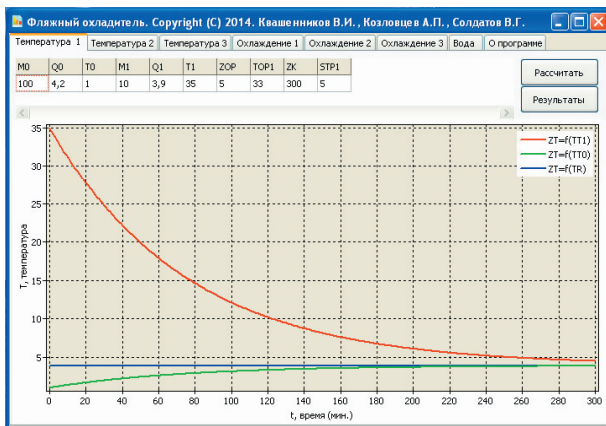


Рис. 2 – Расчёт длительности охлаждения одного продукта до данной температуры

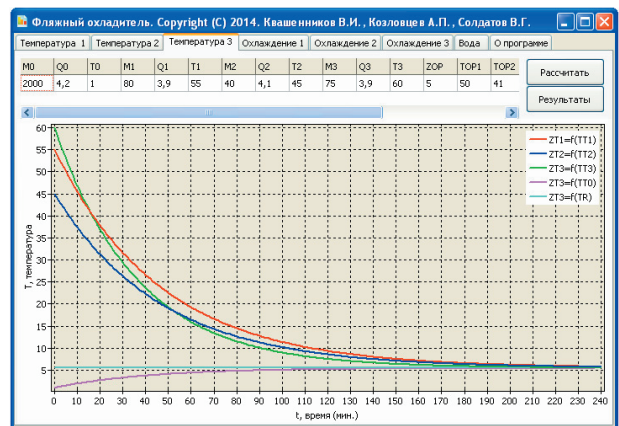


Рис. 3 – Расчёт длительности охлаждения каждого из трёх продуктов до данной температуры

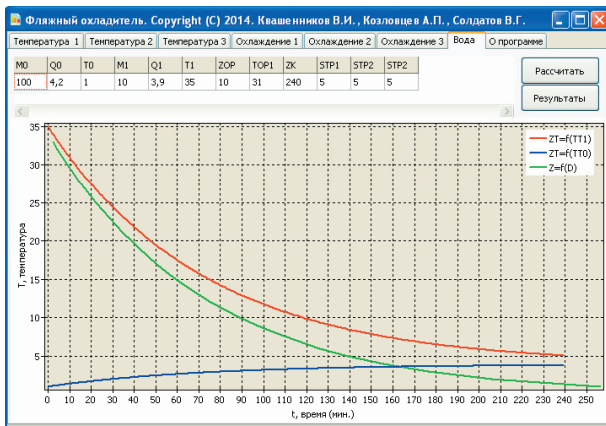


Рис. 4 – Расчёт численного значения температуры продукта и хладоносителя и разности температур продукта и хладоносителя в функции времени

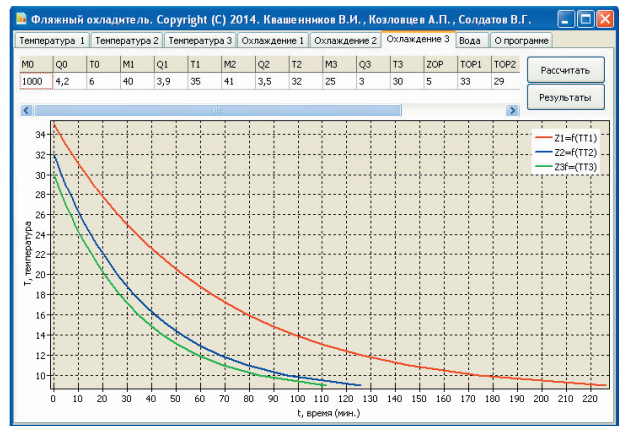


Рис. 5 – Расчёт численного значения температуры одного из трёх продуктов за заданное время

работ. Для механизации вычислительных операций в описанных и им подобных схемах охлаждения жидкотекучих продуктов (молоко, сок, квас) во фляжном охладителе на кафедре «МТП в АПК» Оренбургского ГАУ разработана программа (рис. 2–5) для ЭВМ «Фляжный охладитель» [8]. Программа «Фляжный охладитель» написана на языке Free Pascal. Программа предназначена для технологических расчётов охлаждения жидких пищевых продуктов, расфасованных в ёмкостях.

Программа позволяет решать как прямые, так и обратные задачи охлаждения, строит график зависимости текущих температур от времени.

Исходя из вышеизложенного можно сделать **вывод**, что создание рекомендаций и методик расчёта процессов охлаждения молочных продуктов с использованием естественного холода позволит улучшить процесс охлаждения молока и тем самым повысить прибыль от реализации данной продукции.

Литература

1. Квашенников В.И., Козловцев А.П., Панин А.А. Инновационный метод охлаждения сельскохозяйственной продукции // Матер. XVI Междунар. симпоз. по машинному доению сельскохозяйственных животных. Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. 383 с.
2. Савин И.К. Система охлаждения с использованием естественного холода // Труды Петрозаводского университета. Петрозаводск, 2005. 264 с.
3. Козловцев А.П. Терминология при производстве и эксплуатации ледогенераторов / А.П. Козловцев, В.И. Квашенников, А.А. Панин, В.А. Шахов, Г.С. Коровин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 2.
4. Панин А.А., Козловцев А.П., Квашенников В.И. Энергосберегающий метод охлаждения молочной продукции. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013.
5. Патент на изобретение 2014115170/13(023678), 2015. Хранитель для пищевых продуктов с аккумулярованием холода / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.П. Козловцев, А.А. Панин, И.В. Герасименко, Г.С. Коровин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет». Оpub. бюл. № 08, 2015.
6. Положительное решение на выдачу патента на изобретение по заявке № 1 № 2014121902 РФ. Термосифон с термонасадкой / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.П. Козловцев, А.А. Панин, И.В. Герасименко, Г.С. Коровин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет».
7. Квашенников В.И. Энергосберегающая технология заготовки естественного льда на молочных фермах / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.П. Козловцев, Г.С. Коровин, Н.П. Крючин // Научное обозрение. 2015. № 4.
8. Фляжный охладитель. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014617152 / Квашенников В.И., Коровин Г.С., Солдатов В.Г.