
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 665.937.6:66.084

В.И. Погонец

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ КАЛЬМАРА ВО ВЗВЕШЕННО-ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ

Предложена новая конструкция сушильной камеры и газораспределительной решётки для обеспечения интенсификации сушки шинкованного кальмара с осциллирующим режимом во взвешенно-закрученных потоках теплоносителя. Выявлены особенности сушки шинкованного продукта и предложены рациональные параметры проведения этого процесса.

Ключевые слова: исследования, процесс, сушка, кальмар, взвешенное состояние.

V.I. Pogonets

UPGRADE INSTALLATION TO INTENSIFY DRYING SQUID IN CAREFULLY-TWISTED THREADS

A new design of the drying chamber and the gas distribution grates for intensification of drying shredded squid with an oscillating mode in balanced-twisted coolant flow. The features of the product and drying shredded offered rational parameters of the process.

Key words: study, process, drying, seafood, suspension are revealed.

Введение

На кафедре «Технологические машины и оборудование» (ранее она называлась «Машины и аппараты пищевых производств») проводили исследования по сушке шинкованного кальмара. Был разработан опытно-промышленный образец установки периодического действия (рис. 1), на котором проведены эксперименты по кинетике и гидродинамике, определены параметры сушки кальмара и влияние их на качество и сроки хранения готового продукта.

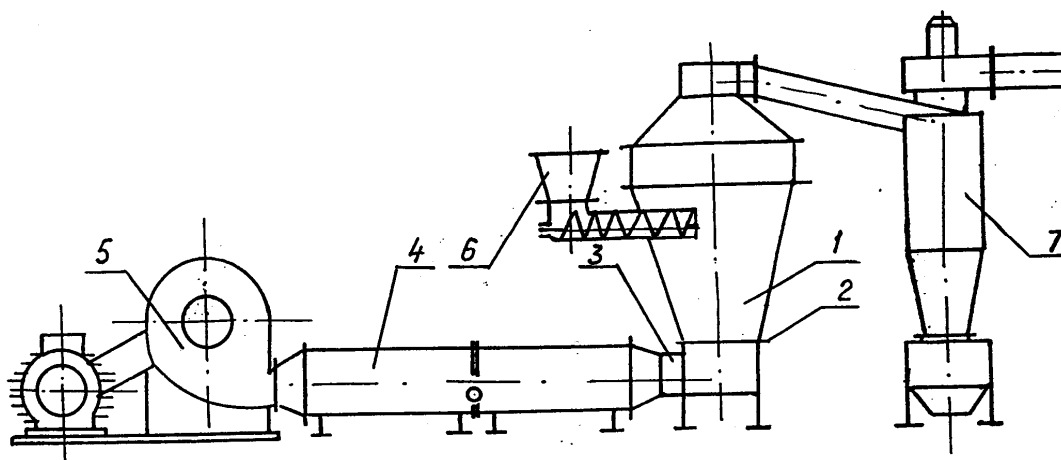


Рис. 1. Схема установки периодического действия для сушки шинкованного кальмара
Fig. 1. Scheme of batch operation for drying shredded squid

Сушильная камера 1 имеет форму конуса, диаметр основания которого равен 630 мм, диаметр верхней части его 1140 мм. Высота камеры 920 мм. Малым основанием камера опирается на газораспределительную решётку 2 и соединяется с воздухопроводом 3, рис. 2. Нагретый в двух спаренных теплогенераторах (марки ТГ-1,5) 4 теплоноситель через решётку подаётся по воздухопроводу в сушильную камеру. Воздух засасывается из атмосферы и подаётся в теплогенераторы вентилятором высокого давления 5 марки В-Ц6-28-10 либо ВВД-8. Камера снабжена шнековым загрузочным устройством 6.

Из сушильной камеры отработанный влажный теплоноситель вместе с сухим продуктом удаляется через циклон 7 вентилятором среднего давления 30 ЦС-24. Готовый продукт с остаточной влажностью 28–30 % оседает в нижней части циклона и с помощью шлюзового дозатора выгружается в упаковочную тару.

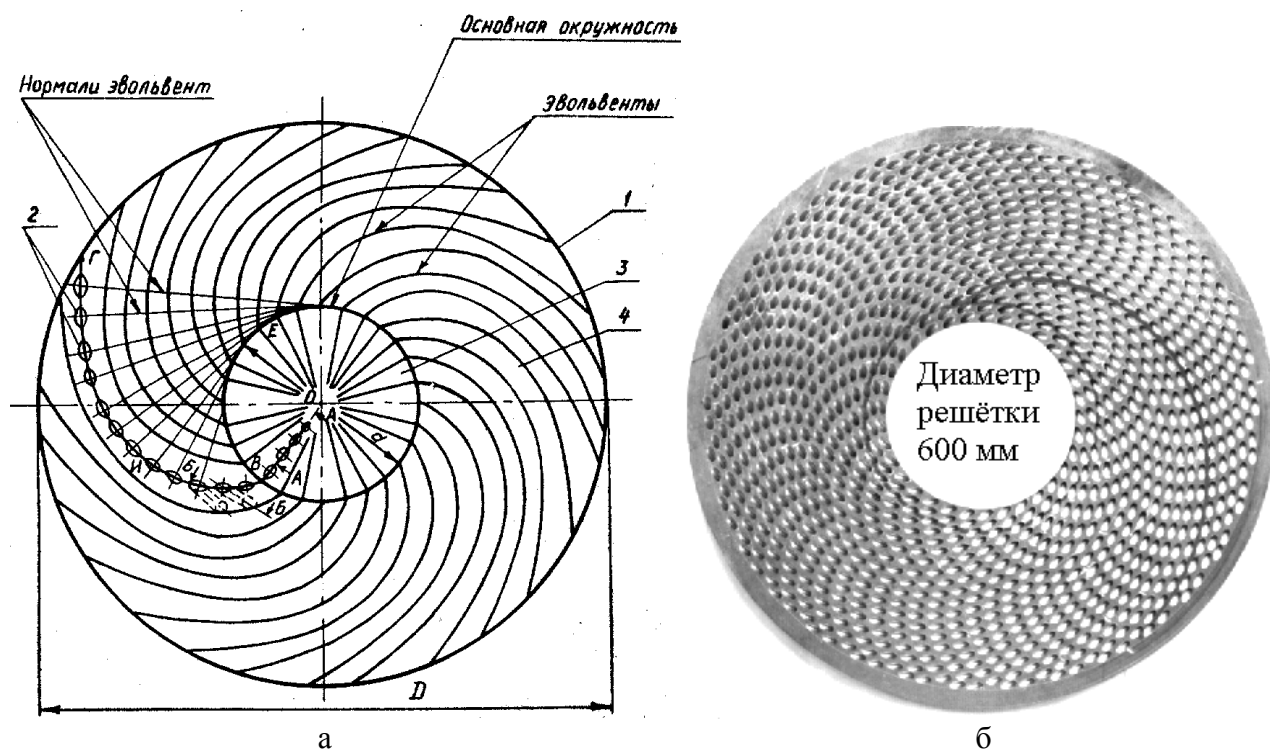


Рис. 2. Газораспределительная решётка: а – схема; б – фотография
Fig. 2. The gas distribution grid: а – scheme; б – photo

Газораспределительная решётка 2 в данной конструкции сушилки представляет собой диск 1, в котором просверлены наклонные каналы 2.

По площади решетка разделена на центральную 3 и периферийную зоны 4. Отношение диаметра центральной зоны к диаметру решетки находится в пределах 0,2–0,3. Выходные отверстия каналов, расположенные в пределах центральной зоны, находятся на радиальных лучах, проведенных из центра решетки на эквидистантных окружностях. Выходные отверстия каналов в периферийной зоне, расположенной за пределами центральной зоны, находятся на эвольвентах к окружности, которая является основной окружностью к эвольвентам и разделяет решетку на две зоны. Определяющий размер поперечного сечения каналов увеличивается от центра к периферии, а угол наклона каналов к плоскости решетки не превышает 30° .

Объекты и методы исследований

Объектом исследований служил тихоокеанский кальмар, выловленный в районе Южных Курил осенью 2015 г. Для исследований использовали мороженое филе кальмара. Перед сушкой фи-

ле размораживали в воде, обесшкуривали и бланшировали согласно ТИ 208-83 к ОСТ 15-133-82. После бланширования филе обрабатывали в солевом растворе крепостью $1,2 \text{ г/см}^3$ и шинковали на полоски размером $4 \times 70 \text{ мм}$. При сушке скорость теплоносителя определяли с помощью микроманометров марки ММН-240 и камерной диафрагмы. Убыль влаги в продукте определяли по убыли массы путём взвешивания кальмара через каждые 5 мин сушки с точностью $\pm 1 \text{ г}$.

С целью интенсификации процесса сушки шинкованного кальмара в данных сушилках, в части снижения энергетических затрат и сокращения времени сушки на кафедре разработаны новые газораспределительные решётки (рис. 3, 4) и сушильные камеры (рис. 5), конструкции которых позволили сократить время сушки до 30 % и снизить энергозатраты до 15–20 %.

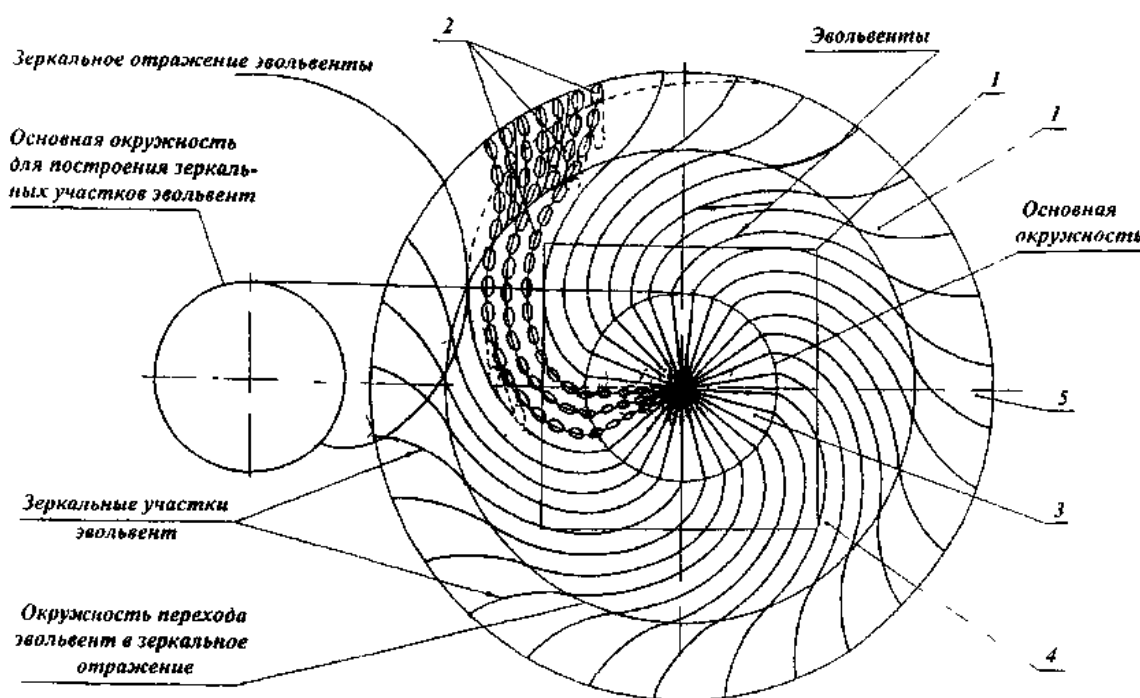


Рис. 3. Схема газораспределительной решётки
Fig. 3. Scheme of distribution grid

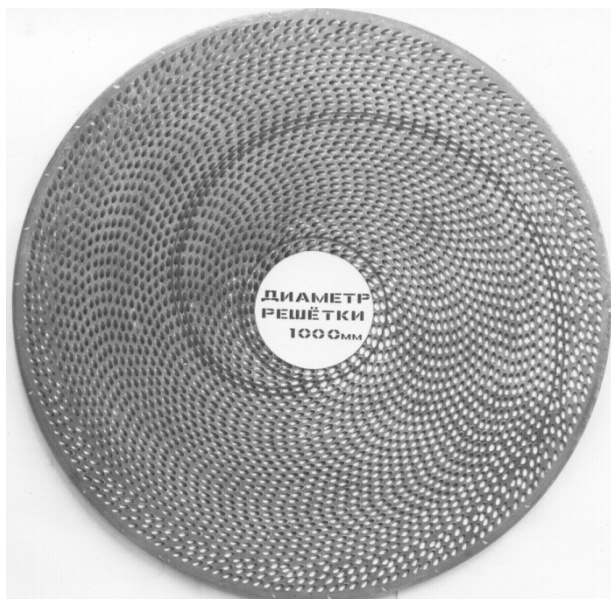


Рис. 4. Фотография законченной конструкции газораспределительной решётки
Fig. 4. Photo completed construction of the gas distribution grid

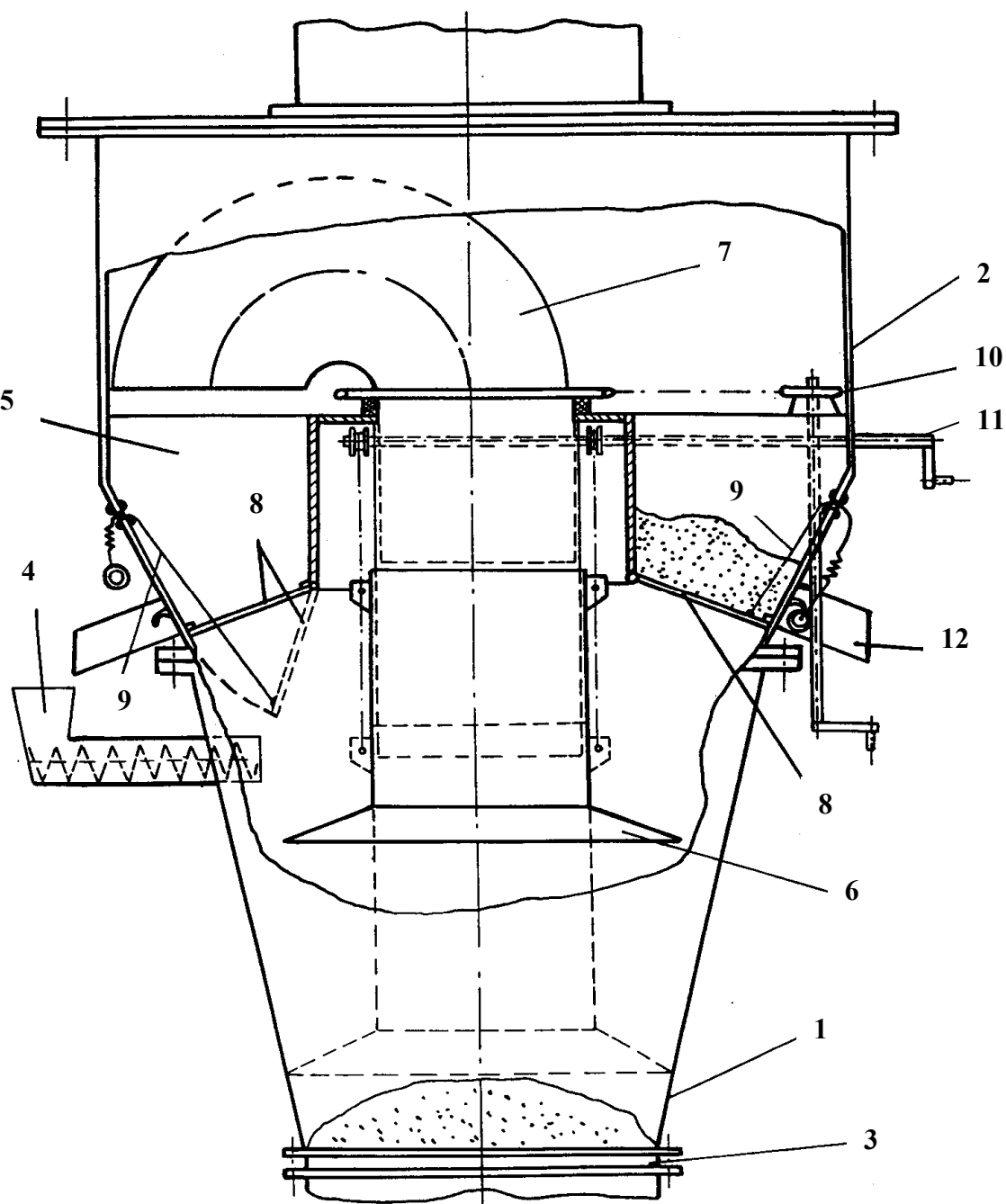


Рис. 5. Предложенная конструкция камеры для сушки шинкованного кальмара:
 1 – коническая камера; 2 – цилиндрическая камера; 3 – газораспределительная решетка;
 4 – загрузочное устройство; 5 – камеры для отлежки; 6 – диффузор; 7 – поворотное колено;
 8 – сетчатые днища; 9 – фиксаторы; 10 – приводное устройство; 11 – регулирующее устройство;
 12 – лотки разгрузки

Fig. 5. The proposed construction of the chamber for drying shredded squid:
 1 – conical chamber; 2 – cylindrical chamber; 3 – the gas distribution grid; 4 – loading device;
 5 – camera binning; 6 – a diffuser; 7 – rotary knee; 8 – mesh bottom; 9 – catches;
 10 – a drive device; 11 – a control device; 12 – unloading trays

Новая конструкция газораспределительной решётки состоит из диска 1, в котором имеются наклонные каналы 2. По площади решетка разделена на центральный круг 3, периферийный участок 4 и пристеночный периферийный участок 5. Выходные отверстия каналов 2 на периферийном участке 4 находятся на эвольвентах центрального круга 3, выходные отверстия каналов 2 пристеночного периферийного участка 5 находятся на зеркальном отражении эвольвент периферийного участка 4.

Распределение сушильного агента, выходящего из каналов решетки, в центральном круге 3 и периферийном участке 4 аналогично распределению теплоносителя, как и у решетки, представленной на рис. 2. Однако, ввиду наличия у этого типа решеток пристеночного периферийного участка 5, распределение векторов скоростей теплоносителя несколько иное на границе участков 5 и 4. Установлено, что пристеночный периферийный участок 5, выбранный в пределах не более 0,15 от наружного диаметра решетки, обеспечивает интенсивное перемешивание материала и восхождение частиц продукта вверх по стенке сушильной камеры. Снижение этой величины пристеночного участка приводит к интенсивному вращению пристеночной массы продукта без перемешивания и неэффективному использованию теплоносителя. Наличие пристеночного участка (в пределах 0,15 от наружного диаметра решетки) обеспечивает организацию циркуляционных контуров движения продукта в сушильной камере, а это в свою очередь предотвращает комкование шинкованных частиц кальмара в пристеночном участке. Наличие пристеночного периферийного участка 5 позволяет увеличить контуры циркуляции продукта на решетках с большим диаметром, охватить весь объем высушиваемого материала на решетках, а это обеспечивает его интенсивное перемешивание и эффективное использование сушильного агента.

Сушильная камера имеет форму усеченного конуса, малое основание которого соединено с газораспределительной решеткой и воздухоподводящим узлом. В газораспределительной решетке отверстия имеют диаметры 12 мм.

Их оси расположены под углом 30° к плоскости решетки, в результате чего теплоноситель, выходящий из отверстий, закручивает поток, и слой шинкованного продукта в камере, находясь во взвешенном состоянии, получает устойчивое вращательное движение по контурам циркуляции. В целях уменьшения потерь напора и увеличения закручивания слоя воздухоподводящий узел имеет улиткообразную форму.

Загрузочное устройство представляет собой шнековый дозатор, корпус которого крепится к верхней части сушильной камеры. Частота вращения шнека регулируется вариатором в пределах от 0,63 до 2,12 с^{-1} .

Камера работает следующим образом. Порция сырого шинкованного кальмара подается в нижнюю коническую часть 1 камеры загрузочным устройством 4. Сушильный агент подводится снизу камеры через газораспределительную решетку 3 и приводит в кипение слой материала. Основная часть свободной влаги удаляется в первый период сушки кальмара в течение 10 мин.

При этом масса кальмара, а следовательно, и удельная нагрузка на газораспределительную решетку снижаются вдвое. Поэтому в целях наиболее рационального использования поверхности газораспределительной решетки и сохранения постоянной удельной нагрузки работа установки осуществляется в полунепрерывном режиме.

По истечении указанного промежутка времени подсушенный кальмар с помощью регулирующего устройства 11 и центральной трубы с подвижным диффузором 6 перегружается в один из карманов 5 на отлѐжку.

Перегрузка подсушенного кальмара из камеры в один из карманов осуществляется следующим образом. Регулирующим устройством 11 производится опускание диффузора 6 до соприкосновения его со стенками конической части 1 камеры. При этом диффузором 6 перебивается поток теплоносителя, прошедшего через слой кальмара, что приводит к увеличе-

нию его скорости до величины, обеспечивающей пневмотранспортирование подсушенного кальмара вверх, и далее по поворотному колену 7. Поворот колена осуществляется приводным устройством 10 до совмещения выходного отверстия с одним из карманов, который определяется очередностью загрузки. В сушильную камеру загружается новая порция свежего кальмара, и цикл повторяется. Кальмар, направленный на отлежку в карман, в процессе отлежки дополнительно продувается отработанным теплоносителем через сетчатые открывающиеся днища 8, тем самым интенсифицируется процесс сушки кальмара и эффективно используется сушильный агент. По истечении заданного промежутка времени все карманы загружены кальмаром, направленным на отлежку. С этого момента подача сырого кальмара в камеру для сушки прекращается и осуществляется досушка продукта в соответствующей последовательности до заданной конечной влажности. Для этого освобождается пружинный фиксатор 9, и под силой тяжести кальмара открывается сетчатое днище 8, кальмар проваливается в сушильное пространство конической камеры на досушку. Высушенный продукт вновь перегружается в свободную секцию камеры и через лоток 12 разгрузки выводится из камеры.

Таким образом, работа аппарата складывается из четырех циклов подсушки порций кальмара и двух циклов досушки уже объединенных порций.

Результаты и их обсуждение

Исследования влияния температуры сушильного агента на продолжительность процесса и качество сушеного кальмара проводили при следующих температурных режимах: 70, 100 °С и 100 °С в начальный период сушки с последующим снижением до 70 °С. Во всех случаях скорость теплоносителя и удельная нагрузка оставались постоянными.

На рис. 6 представлены кривые процесса сушки кальмара в зависимости от температуры при скорости воздуха 8 м/с и удельной нагрузке 80 кг/м².

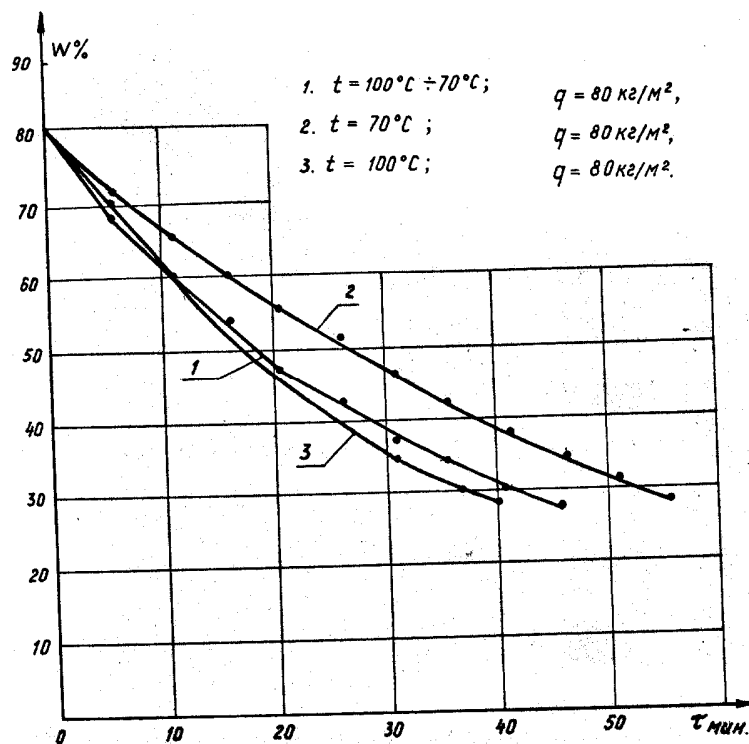


Рис. 6. Кривые процесса сушки шинкованного кальмара
 Fig. 6. The curves of the drying process, shredded squid

Анализ кривых показывает, что продолжительность сушки при температуре воздуха 70 °С составляет 55 мин, при температуре 100 °С – 40 мин, при ступенчатом режиме сушки 100–70 °С – 45 мин.

Характер кривых указывает на то, что наиболее интенсивно идет испарение влаги в первые 10–15 мин сушки, когда удаляется свободная влага, находящаяся на поверхности частиц. В этот период тепло оживающего агента тратится в основном на испарение влаги, нагрев продукта незначителен, что способствует сохранению его первоначальных свойств. В связи с этим сушку кальмара на данной стадии целесообразно вести при температуре воздуха 100 °С. Во второй период скорость влагоотдачи уменьшается за счет того, что на поверхности частиц кальмара образуется сухая корочка, которая препятствует перемещению влаги из внутренних слоев частиц на поверхность. Параллельность кривых сушки в этот период указывает на то, что повышение температуры воздуха несколько уменьшает продолжительность процесса, но может привести к нежелательным качественным изменениям белков в мясе кальмара. Снижение же общей продолжительности сушки при 100 °С можно объяснить увеличением её скорости при этом режиме в первый период.

На основании вышеизложенного для сушки кальмара можно рекомендовать ступенчатый температурный режим: 100 °С в первый период сушки (10 мин) и 70 °С во второй период. Общая продолжительность до конечной влажности 28–30 % составит 45–50 мин.

Как уже отмечалось выше, в процессе сушки на поверхности частиц кальмара образуется корочка, препятствующая диффузии влаги из внутренних слоев на поверхность, поэтому во втором периоде сушки нагрев продукта происходит более интенсивно, чем обезвоживание. Инерция поля влажности во много раз больше инерции поля температур. Для установления динамического равновесия между процессами тепло- и влагообмена исследовали сушку кальмара в осциллирующем режиме (рис. 7) при следующих параметрах:

- 1) продолжительность циклов нагрева-охлаждения 5 мин, температура нагретого воздуха 70 °С, охлаждающего воздуха 20 °С;
- 2) продолжительность нагрева 10 мин при 100 °С, вылежка 60 мин, последующая сушка при 70 °С;
- 3) продолжительность нагрева 15 мин при 70 °С, вылежка 30 мин и последующая сушка при 70 °С;
- 4) продолжительность нагрева 10 мин при 100 °С, вылежка 90 мин и последующая сушка при 70 °С.

Вылежку во всех случаях проводили при температуре окружающей среды, удаляя кальмар из сушильной камеры. Исследования показали, что в стадии промежуточного охлаждения происходит самоиспарение части влаги за счет тепла, аккумулированного в кальмаре при подогреве, при этом направления градиентов влагосодержания и температуры совпадают, что способствует сушке кальмара и улучшению качества готового продукта. Но продолжительность процесса значительно увеличивается, кроме того, организация осциллирующего способа сушки в аппарате периодического действия усложняет его конструкцию. В процессе вылежки продукта происходит перераспределение влаги в слое кальмара, самоиспарение части влаги и его охлаждение. В объеме каждой частицы происходит диффузия влаги из внутренних слоев на поверхность, чем и объясняется резкое снижение её содержания в первые 5 мин сушки после вылежки независимо от температуры сушильного агента (рис. 7). Однако второй период процесса сушки протекает аналогично режимам без вылежки, о чем говорит идентичность кривых во втором периоде, представленных на рис. 6 и 7. При этом продолжительность процесса сушки с вылежкой продукта значительно возрастает, а энергетические затраты снижаются на 15–20 %.

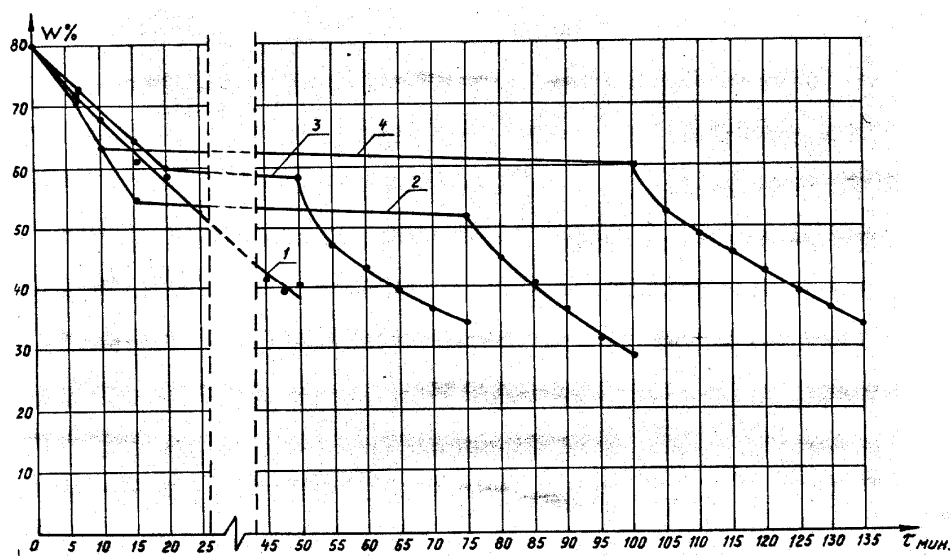


Рис. 7. Кривые процесса сушки шинкованного кальмара в осциллирующем режиме
Fig. 7. The curves of the drying process, shredded squid in an oscillating mode

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При сушке шинкованного кальмара в аппарате кипящего слоя оптимальной является удельная нагрузка, равная 80 кг/м^2 .
2. Наиболее активный гидродинамический режим сушки (устойчивое вращательное движение слоя с одновременным кипением продукта) достигается при скорости потока воздуха перед газораспределительной решеткой 8 м/с .
3. Сушку шинкованного кальмара во взвешенно-вращающемся слое следует проводить при ступенчатом температурном режиме: $100 \text{ }^\circ\text{C}$ в первый период (10 мин) и $70 \text{ }^\circ\text{C}$ во второй период процесса.
4. Время сушки шинкованного кальмара в аппарате со взвешенно-закрученными потоками теплоносителя составляет 45–50 мин.

Список литературы

1. Погонец, В.И. Сушка морепродуктов во взвешенно-закрученных потоках: монография / В.И. Погонец. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000. – 193 с.
2. Погонец, В.И. Гидродинамические характеристики и диапазон существования кипящего закрученного слоя дисперсных частиц агары при сушке / В.И. Погонец // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Т. 25. – С. 263–266.
3. Погонец, В.И. Технология сушки морепродуктов во взвешенном состоянии: монография / В.И. Погонец. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – 245 с.
4. Погонец, В.И. Интенсификация процессов сушки шинкованных морепродуктов, склонных к комкованию / В.И. Погонец, О.И. Русанов // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – Т. 29. – С.107–114.
5. Погонец, В.И. Моделирование процесса сушки измельченных гидробионтов во взвешенном состоянии / В.И. Погонец, А.В. Лазанович // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. – Т. 30. – С.263–266.

Сведения об авторе: Погонец Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, e-mail: pogonetsvi@mail.ru.