

УДК.665.937.6 : 66.084

В.И. Погонец, О.И. РусановДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ШИНКОВАННЫХ
МОРЕПРОДУКТОВ, СКЛОННЫХ К КОМКОВАНИЮ**

Проведены исследования по интенсификации процессов сушки измельченных морепродуктов. Применены новые конструкции решеток, которые обеспечивают направленное распределение теплоносителя в сушильных камерах и его эффективное воздействие на высушиваемые частицы. Схематично показано векторное направление и распределение сушильного агента при применении разработанных газораспределительных решеток.

Ключевые слова: исследования, интенсификация, сушка, морепродукты, газораспределительные решетки, векторное распределение теплоносителя.

V.I. Pogonets, O.I. Rusanov**INTENSIFICATION OF DRY SHREDDED SEAFOOD PRONE TO CLUMPING**

The investigation on the intensification of drying chopped seafood have been made. New designs of grids that provide directional distribution of the coolant in the drying chamber and its effective impact on a dried particles have been applied. Vector direction and distribution of the drying agent in the application of the developed gas distribution grids have been schematically shown.

Key words: study, intensification, drying, seafood, gas distribution grid, vector distribution coolant.

Морепродукты (ламинария, кальмары, рыбные фарши, трепанги и др.) обладают широким спектром физико-химических и биологических свойств и особенностей. При искусственной их сушке возникает настоятельная необходимость в обеспечении интенсификации этих процессов, потому что эти продукты в результате их предварительного измельчения (шинкования) склонны к комкованию и обладают повышенной слипаемостью. Организованное кипение шинкованных частиц этих продуктов во взвешенном состоянии в конических сушильных камерах удалось получить за счет использования разработанных новых конструкций газораспределительных решеток. Испытаниям подвергали решетки с наружными диаметрами от 150 до 1000 мм. Решетки с диаметрами 500÷600 мм (рис. 1, конструкция А) разработаны для сушилок производительностью до 10 т/сут по сырью, а для сушилок производительностью 20÷40 т/сут разработаны решетки (рис. 6, конструкции Б) с наружными диаметрами до 1000 мм. Решетки обоих типов имеют наклонные отверстия с диаметрами каналов 6; 8; 8,5; 9,3; 10; 12 мм. В результате испытаний выявлены оптимальные отношения диаметров центральной зоны к диаметру самой решетки, которые находятся в пределах 0,2-0,3. Выходные отверстия каналов, расположенных 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. Определяющий размер поперечного сечения каналов увеличивается от центра к периферии, а угол наклона каналов к плоскости решетки не превышает 30°.

В результате многолетних исследований процессов сушки измельченных морепродуктов нами было разработано более десятка новых типов сушилок. Все сушилки укомплектованы этими беспровальными газораспределительными решетками, они обеспечивают циркуляцию частиц морепродуктов по замкнутым взвешенно-закрученным контурам (рис. 5), гарантируют их стабильное кипение, при этом способствуют интенсификации процессов

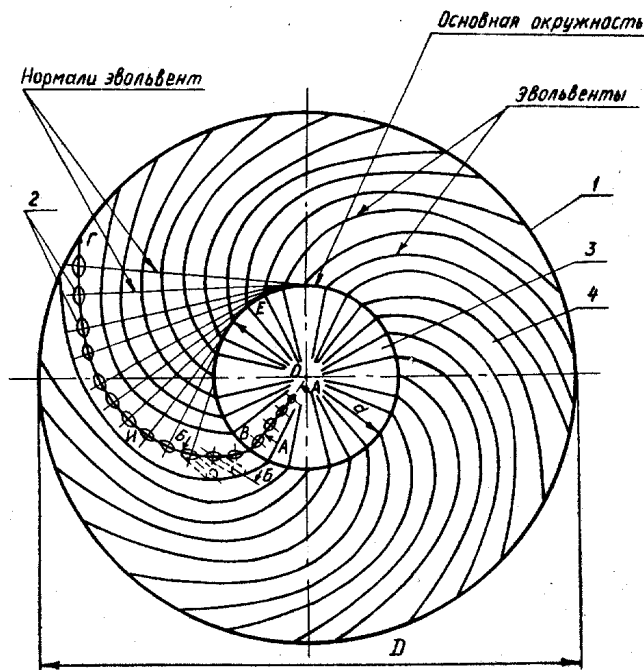


Рис. 1. Схема газораспределительной решетки (конструкция А)

Fig. 1. The scheme of gas distribution grid (design A)

сушки продукта. Газораспределительная решетка конструкции А имеет две зоны (центральную и периферийную), на которых расположены наклонные каналы для прохода теплоносителя. Центральная зона ограничена основной окружностью, ее размер составляет 0,2-0,3 от диаметра решетки. Периферийная зона решетки расположена за пределами центрального круга, а наклонные каналы в ней – на 33 эвольвентах.

Работа газораспределительной решетки заключается в следующем. Скорость теплоносителя, выходящего из каналов, расположенных в центральной зоне V_K , раскладывается на две составляющие – вертикальную V_v и радиальную V_r – в плоскости решетки (рис. 2).

При этом радиальная скорость несколько выше вертикальной $V_r > V_v$, так как угол наклона каналов к плоскости решетки не превышает 30° . Скорость потока теплоносителя, выходящего из каналов, расположенных на периферийной

зоне в плоскости Π_1 (рис. 4), раскладывается на вертикальную V_v' и горизонтальную составляющие V_r (рис. 3). Вектор горизонтальной составляющей скорости V_r в плоскости Π_2 (плоскость решетки) состоит из радиальной V_r' и тангенциальной V_t составляющих (рис. 4). Эти векторы определяют направленное движение частиц продукта.

Шинкованные частицы продукта, попадая в центральную зону решетки, под действием вертикальной составляющей скорости V_v приводятся в кипение, а за счет радиальной составляющей скорости V_r отбрасываются от центра в периферийную зону.

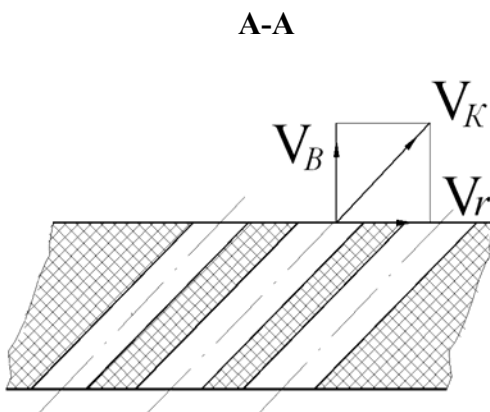
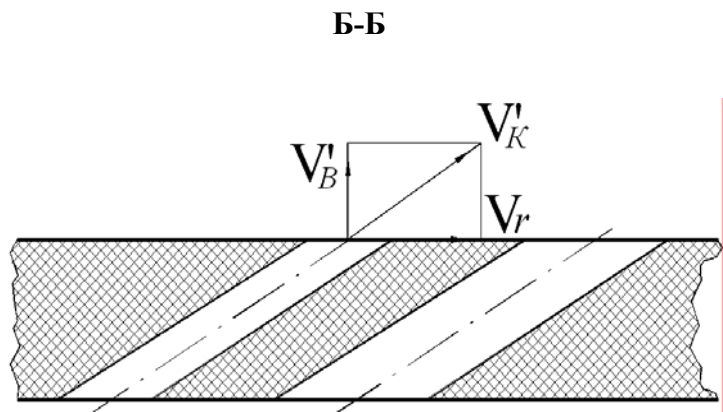


Рис. 2. Сечение каналов центральной зоны газораспределительной решетки конструкции А

Fig. 2. Channel cross-section of the central zone gas distribution grid design A



(в развернутом виде)
Рис. 3. Сечение каналов периферийной зоны газораспределительной решетки конструкции А

Fig. 3. Channel cross-section of the peripheral zone gas distribution grid design A

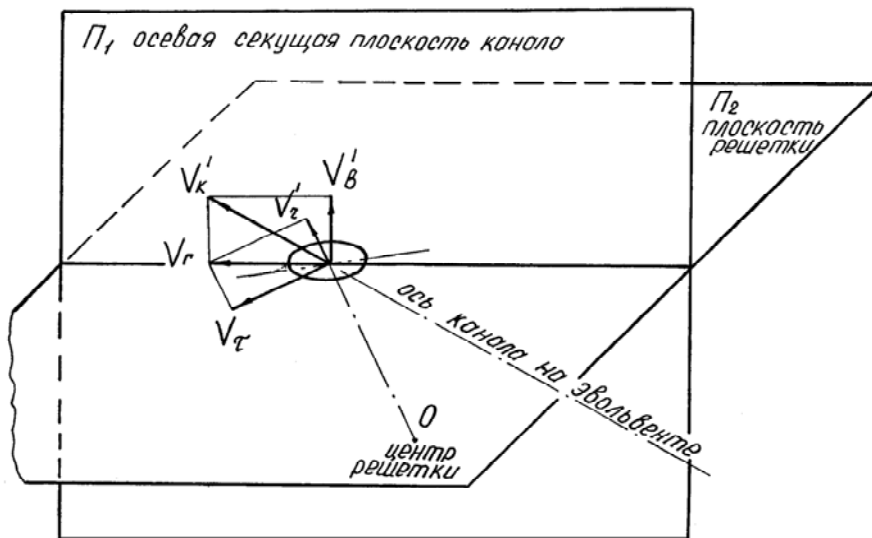


Рис. 4. Векторное направление скоростей теплового агента, выходящего из канала газораспределительной решетки конструкции А
 Fig. 4. Vector direction of the velocity of the thermal agent coming out of the gas distribution channel lattice structure A

В этой зоне осуществляется постепенный переход от радиального перемещения к вращательному (тангенциальному), при этом плавность перехода обеспечивается расположением выходных отверстий каналов по эвольвентам. Тангенциальный вектор скорости V_τ обеспечивает закручивание слоя шинкованной ламинарии относительно центра решетки, а радиальная скорость V_r позволяет достичь спиралеобразного движения продукта в камере. Вследствие указанного выше в камере образуются организованные циркуляционные контуры продукции и сушильного агента, это приводит к интенсивной упорядоченной циркуляции материала слоя и газовой среды, в результате чего интенсифицируются тепломассообменные процессы за счет мгновенного выравнивания температур сушильного агента и кипящего слоя.

Увеличение определяющего размера поперечных сечений каналов от центра к периферии, а также их различная геометрическая ориентация позволяют получать поток газовых струй с увеличивающимся количеством движения, что приводит к достижению в кипящем слое такой обстановки, при которой каждая частица шинкованных морепродуктов находится в другом аэродинамическом режиме, чем предыдущая, так как подвергается воздействию потока газа с другой скоростью как по величине, так и по направлению и количеству движения. За счет этого достигается разрушение слипшихся комков продукта.

С учетом расположения отверстий решетки в плоскостях, перпендикулярных плоскости решетки, образуются циркуляционные контуры, состоящие из восходящей и нисходящей ветвей. Восходящая ветвь находится в области камеры над периферийной зоной решетки, а нисходящая – в области камеры над центральной зоной. Для интенсификации сушки необходимо достичь как можно большего пути движения частиц в восходящей ветви и меньшего – в нисходящей (рис. 5). Гидродинамика движения частиц ламинарии определяется инерционной длиной, которая характеризует перемещение частицы морской капусты при изменении ее направления движения от восходящей ветви к нисходящей и соотношением размеров центральной и периферийной зон.

Для образования организованного циркуляционного контура необходимо, чтобы его нисходящая ветвь находилась в пределах центральной зоны. Установлено [2, 3, 4], что размер данной зоны определяется инерционной длиной. При размере центральной зоны, большем инерционной длины, происходит комкование продукта. При размере центральной зоны, меньшем инерционной длины, наблюдается разрушение неразрывности циркуляционного контура, так как нисходящий поток частиц продукта одного контура смешивается с восходящим потоком частиц продукта другого контура. По этой причине размер центральной зоны, где отсутствует тангенциальное перемещение частиц (нисходящий контур циркуляционного кольца), не должен превышать 0,2-0,3 диаметра решетки.

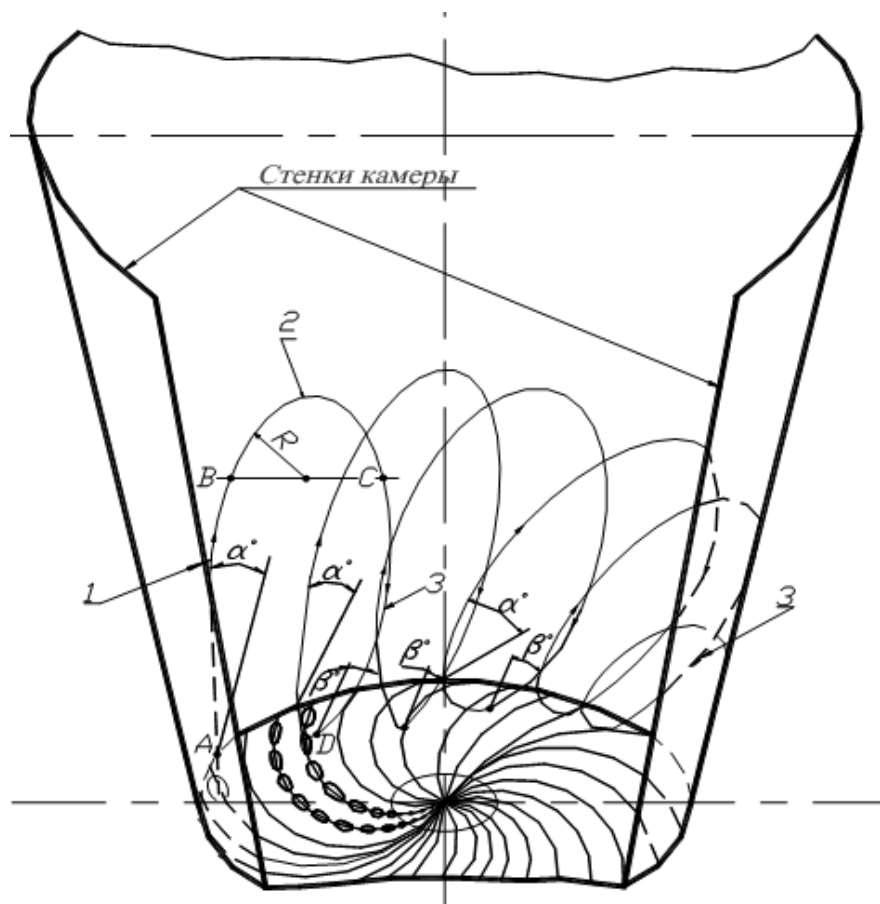


Рис. 5. Контур циркуляции продукта в сушильной камере: 1 – восходящая ветвь; 2 – переходная ветвь; 3 – нисходящая ветвь

Fig. 5. Circuits of the circulation of the product of the oven: 1 – ascending branch; 2 – reduction branch; 3 – descending branch

Организация циркуляционного контура за счет предлагаемого ввода теплоносителя в сушильную камеру позволяет эффективно высушивать шинкованные частицы морепродуктов геометрической формы в виде параллелепипеда, у которых отношение длины к их ширине и толщине находится в пределах от 14 до 20, склонных при сушке к комкованию. Так, при сушке морской капусты при использовании предлагаемой решетки в сушильных установках стационарного и автономного вариантов исполнения удельная нагрузка увеличивается на 150-300 %, что позволяет повысить производительность не менее чем в три раза по сравнению с существующими установками.

На рис. 6 представлена схема газораспределительной решетки (конструкции Б), она 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. Отношение диаметра центрального круга 3 к диаметру решетки находится в пределах 0,2-0,3. 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. Определяющий размер поперечного сечения каналов 2 увеличивается от центра к периферии, и все каналы расположены под углом к плоскости решетки. На рис. 7 показано векторное направление и распределение теплоносителя, выходящего из каналов центрального круга, каналов периферийного участка и каналов пристеночного периферийного участка.

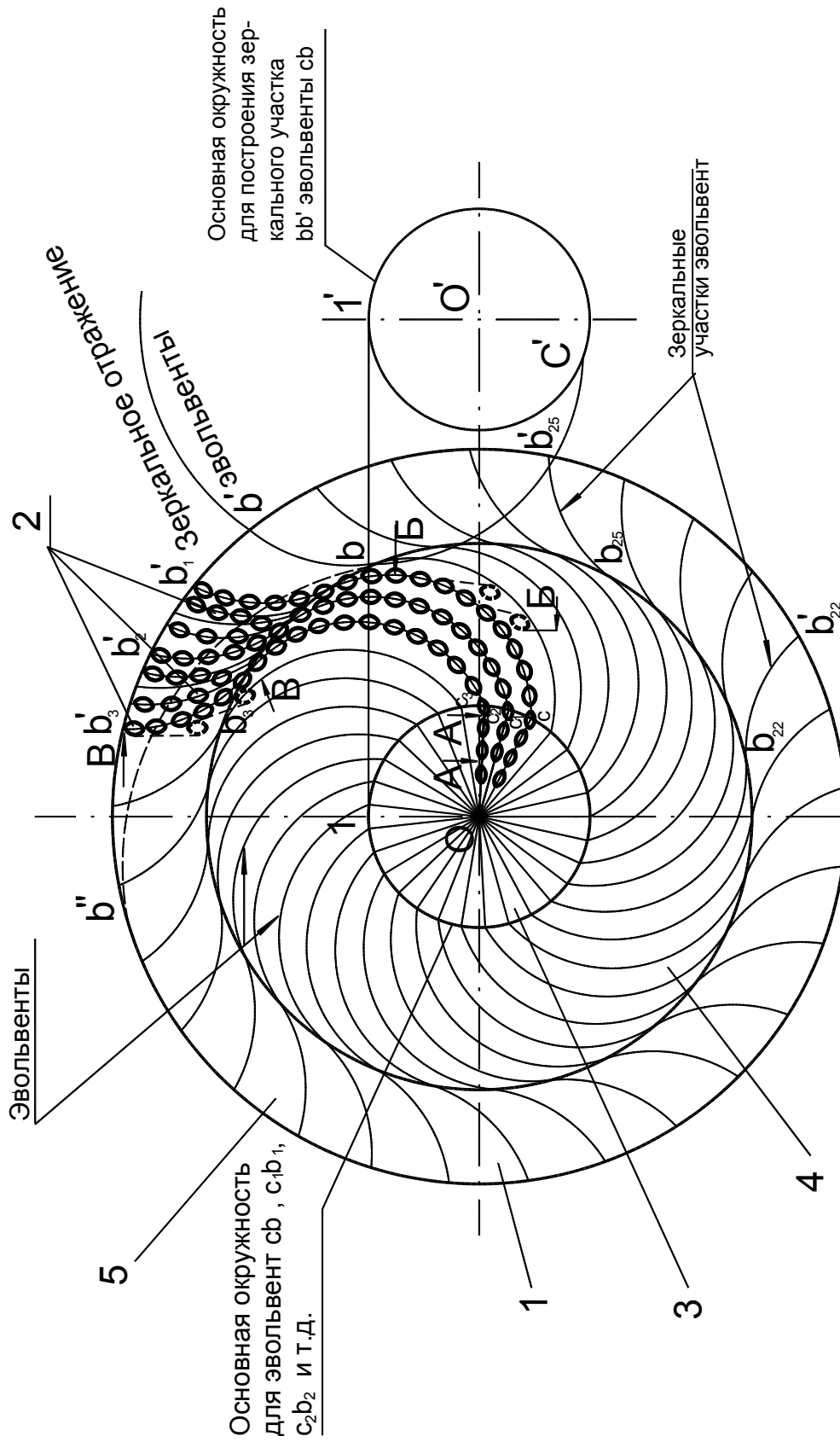


Рис. 6. Газораспределительная решетка (конструкции Б)
 Fig. 6. The scheme of gas distribution grid (design B)

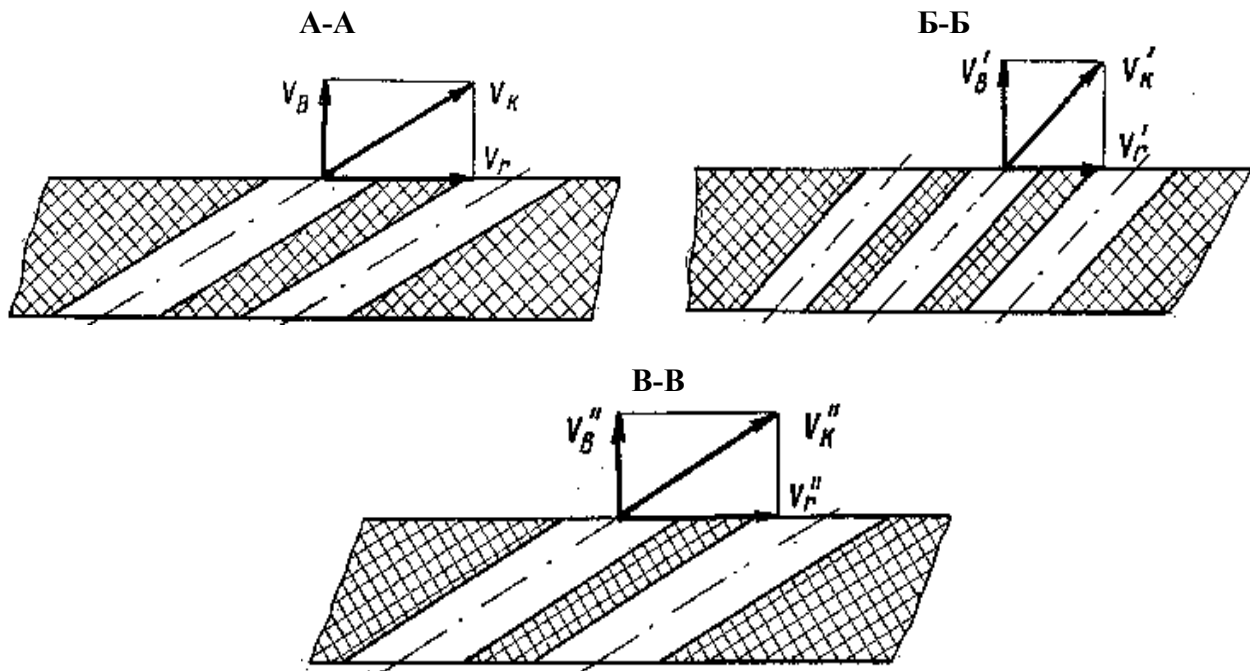


Рис. 7. Направление векторов скорости сушильного агента в каналах газораспределительной решетки: центрального круга (сечение А-А); в каналах периферийного участка (сечение Б-Б); каналах пристеночного периферийного участка (сечение В-В)

Fig. 7. The direction of the velocity of the drying agent in the channels of the gas distribution grid: the central circle (section А-А), in the channels of the peripheral area (cross-section Б-Б), channels peripheral wall section (section В-В)

Газораспределительная решетка работает следующим образом. Из каналов 2 решетки с определенной скоростью V выходит сушильный агент. Скорость сушильного агента, выходящего из каналов 2, расположенных в центральном круге 3 V_K , раскладывается на две составляющие: вертикальную V_B и радиальную V_r в плоскости, перпендикулярной плоскости решетки (см. рис. 7). При этом радиальная скорость несколько выше вертикальной $V_r > V_B$, так как каналы 2 расположены под углом к плоскости решетки. Скорости V_K' и V_K'' сушильного агента в каналах 2 в плоскости, перпендикулярной плоскости газораспределительной решетки на периферийном участке 4 и пристеночном периферийном участке 5 (см. рис. 7), раскладываются соответственно на горизонтальные составляющие V_r' и V_r'' , которые расположены в плоскости решетки, и вертикальные составляющие V_B' и V_B'' . Горизонтальная составляющая скорости сушильного агента V_r' , выходящего из каналов 2, расположенных на периферийном участке 4 в плоскости решетки (рис. 8), раскладывается на тангенциальную V_T' , которая перемещает частицы материала по окружности относительно центра решетки, и радиальную V_p' , которая перемещает частицы продукта по радиусу решетки. Причем от точек C, C_1, C_2, C_3 и т.д. до точек b, b_1, b_2, b_3 (см. рис. 6) и т.д. радиальная V_p' составляющая уменьшается от максимального значения до минимального, тангенциальная V_T' наоборот растет от минимального значения до максимального и при приближении каналов 2 к окружности точек перехода эвольвент в их зеркальное отражение V_T' становится больше V_p' (рис. 8). Горизонтальная составляющая скорости сушильного агента V_r'' , выходящего из каналов 2, расположенных в пристеночном периферийном участке 5 в плоскости решетки от точки b_1 до точки b_1' (рис. 8), раскладывается на две составляющие: тангенциальную V_T'' и радиальную V_p'' . При этом в точке перехода b_1 эвольвент в их зеркальное отражение до края решетки составляющая V_T'' уменьшается от максимального значения

до минимального, а составляющая V_p'' , наоборот, увеличивается от минимального значения до максимального и при приближении каналов к окружности края решетки $V_p'' > V_T''$, что дает возможность перераспределить энергию струи сушильного агента на перемешивание частиц морепродуктов в пристеночном периферийном участке 5 решетки.

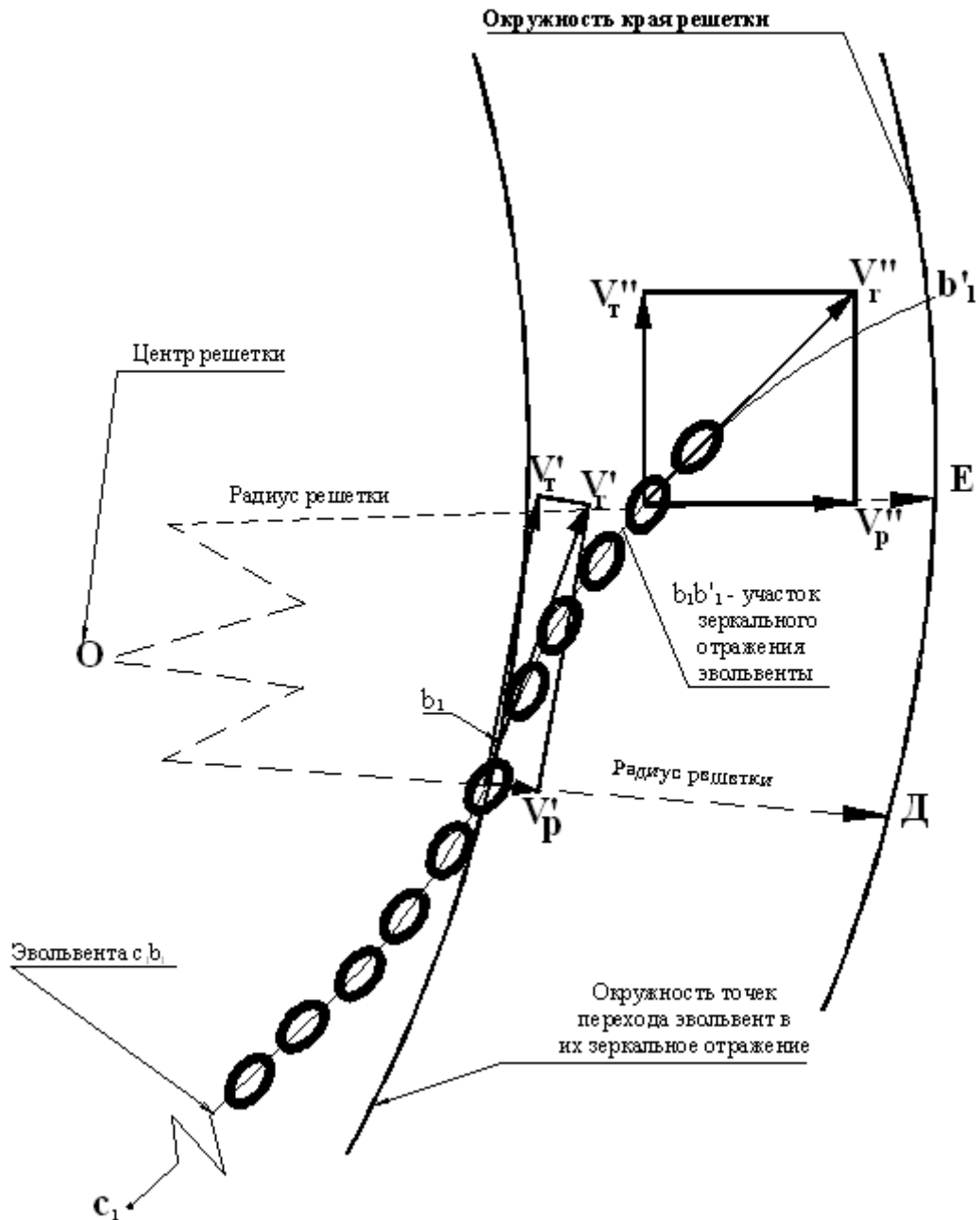


Рис. 8. Схема направления векторов скорости перемещения частиц морепродуктов в плоскости газораспределительной решетки

Fig. 8. The scheme of the vector directions of movement of the particles in the plane of seafood gas distribution grid

Установлено [1, 2], что пристеночный периферийный участок 5, выбранный в пределах не более 0,15 от наружного диаметра решетки, обеспечивает интенсивное перемешивание частиц морепродуктов в сушильной камере.

Снижение этой величины у пристеночного периферийного участка приводит к интенсивному вращению пристеночной массы морепродуктов без перемешивания и к 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 в пристеночном периферийном участке.

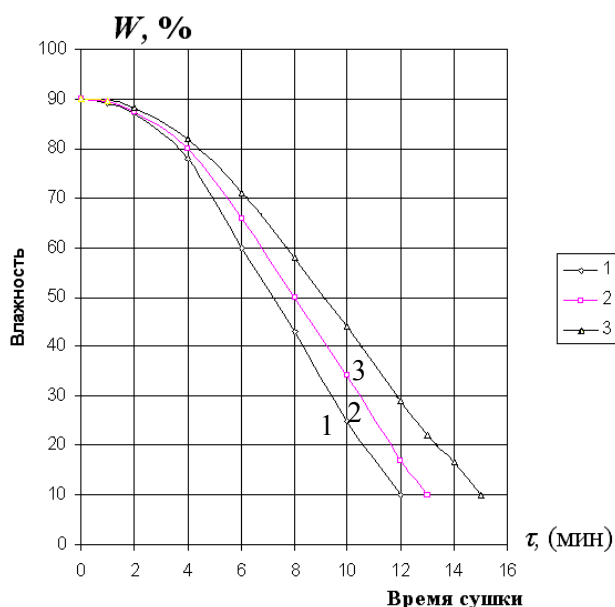


Рис. 9. Кривые сушки шинкованной ламинарии с использованием газораспределительных решеток при удельной нагрузке 120 кг/м^2 : 1, 2 – конструкции Б; 3 – конструкции А

Fig. 9. Curves of drying shredded kelp using gas distribution grids. Specific load of 120 kg/m^2 : 1, 2 – design Б, 3 – designed А

Замечено [2] также, что наличие пристеночного периферийного участка 5 позволяет увеличить контуры циркуляции продукта на решетках с большим диаметром, а это обеспечивает более активное перемешивание продукта во всем объеме камеры, а следовательно, эффективнее используется сушильный агент.

Во время испытаний сушилок, укомплектованных конструкциями газораспределительных решеток типа Б, было установлено (рис. 9), что время сушки, например, шинкованной ламинарии сокращается до 25 % по сравнению с использованием решеток конструкции А.

Сокращение времени сушки морепродуктов обуславливается тем, что интенсифицируется процесс кипения частиц высушиваемого материала за счет новой конструкции расположения каналов в газораспределительной решетке, а также наличия пристеночного участка с иным профилем разворота каналов (на зеркальном отражении эвольвент).

Список литературы

1. Погонец В.И. Гидродинамические характеристики и диапазон существования кипящего закрученного слоя дисперсных частиц агара при сушке // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Вып. 25. – С. 111-115.
2. Погонец В.И. Технология сушки морепродуктов во взвешенном состоянии. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – 245 с.
3. Погонец В.И., Пешков И.Х. Технология сушки пряно-сладкой ламинарии при производстве цукатов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы II Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток, 2012. – Ч. II. – С. 110-113.
4. Погонец В.И., Пешков И.Х. Особенности сушки частиц агара во взвешенно-закрученных потоках // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Вып. 26. – С. 126-132.

Сведения об авторах: Погонец Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, e-mail: pogonetsvi@mail.ru;
 Русанов Олег Иванович, аспирант.