

## IV. ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ

УДК 54

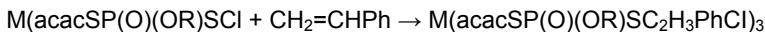
### РЕАКЦИИ Р-СУЛЬФЕНИЛХЛОРИДОВ АЦЕТИЛАЦЕТОНАТОВ С НЕПРЕДЕЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

О.А. Апанасенко; Н.А. Васькова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Исследованы реакции Р-сульфенилхлоридов с непредельными соединениями. При взаимодействии Р-сульфенилхлоридов ацетилацетонатов Cr(III) и Co(III) со стиролом и триэтилвинилсиланом были получены хелаты с выходом 65-80 %. Присоединением фосфорсодержащих сульфенилхлоридов ацетилацетонатов Cr(III) и Co(III) к поливинилсилоксану получены силоксановые полимеры с металлохелатными группировками. Изучение продуктов присоединения Р-сульфенилхлоридов к несимметричным олефинам показало, что селективность процесса зависит от природы олефина. Кроме того, структура γ-замещенных ацетилацетонатов может быть доказана с помощью реакции хелатов с гидразином, в результате которой в качестве основных продуктов образуются соответствующие, ранее неописанные в литературе пиразолы, в положении 4 которых сохраняются γ-заместители комплексов.

Известно, что фосфорсодержащие сульфенилхлориды [1, 2] и С-сульфенилхлориды β-дикетонатов количественно взаимодействуют с непредельными соединениями. Поэтому для изучения реакций РСl-содержащих ацетилацетонатов с непредельными соединениями были поставлены цели: во-первых, выяснить особенности этой реакции, обусловленные координационной природой радикала, во-вторых, расширить арсенал методов синтеза замещенных металлохелатов.

Было проведено взаимодействие фосфорсодержащих сульфенилхлоридов ацетилацетонатов со стиролом:



$$R = Et \quad M = Cr \quad (1), Co \quad (3)$$

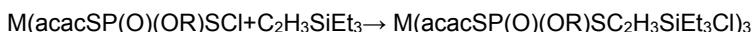
$$R = Bu \quad M = Cr \quad (2), Co \quad (4)$$

Прохождение реакции контролировали методом ТСХ по исчезновению стартового пятна  $M(acacSP(O)(OR)SCl)_3$  с  $Rf = 0$  и появлению пятна  $M(acacSP(O)(OR)SC_2H_3PhCl)_3$  ( $Rf = 0,65 - 0,8$ , Silufol,

бензол). Состав и строение полученных соединений были подтверждены данными элементного анализа, методами ИК-спектроскопии и ПМР для хелата кобальта, который показывает, что присоединение прошло на 66 % по правилу Марковникова и на 33 % против правила Марковникова.

В работах [3, 4] было показано, что С-сульфенилхлориды ацетилацетонатов хрома (III), кобальта (III) и алюминия (III) реагируют с винильными производными кремния, давая ряд замещенных металлохелатов. Общей особенностью полученных кремнийсодержащих комплексов является их склонность к разрыву связи Si-C, соединяющей металлохелатные группировки с полимерной матрицей, что приводит к потере металлохелатных группировок.

Представлялось весьма важным изучить взаимодействие фосфорсодержащих сульфенилхлоридов ацетилацетонатов металлов с непредельными кремнийорганическими реагентами, поскольку последние могут быть использованы как «якорные» группы при модификации сорбентов и катализаторов.



$$R = Et \quad M = Cr \quad (5), Co \quad (7)$$

$$R = Bu \quad M = Cr \quad (6), Co \quad (8)$$

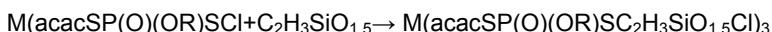
Присоединением фосфорсодержащих сульфенилхлоридов ацетилацетонатов Cr (III) и Co (III) к триэтилвинилсилану были получены кремнийсодержащие хелаты с выходом 60-75 %. При добавлении силициана на ТСХ реакционной смеси исчезает стартовое пятно исходного Р-сульфенилхлорида и появляется пятно с Rf = 0,7 - 0,85. Состав и строение полученных соединений были подтверждены данными элементного анализа, методами ИК-спектроскопии и масс-спектрометрии и ПМР для хелата кобальта, который показывает, что присоединение прошло против правила Марковникова на 95 %.

Анализ данных показывает, что распределение M- (по правилу Марковникова) и аM-изомеров (против правила Марковникова) продуктов присоединения фосфорсодержащих сульфенилхлоридов ацетилацетонатов заметно различается. Ранее было показано, что для С-сульфенилхлоридов β-дикетонатов в процессе установления равновесия между M- и аM-изомерами через эписульфониевый ион на атоме серы появляется значительный положительный заряд. Это делает возможным частичную диссоциацию комплекса с выходом лиганда из координационной сферы. Появление в результате этого кислотного центра на атоме металла способно оказать значительное влияние на переходный комплекс и нивелировать ориентирующее действие радикалов. В случае Р-сульфенилхлоридов ацетилацетонатов кислотный центр, возникающий на атоме металла, удален от атома серы в SCI-группе и,

его влияние уже не столь велико. Поэтому при взаимодействии Р-сульфенилхлорида с триэтилвинилсиланом практически идет образование только аМ-изомера. Это вероятно, связано с тем, что триэтилсилильная группа, обладающая положительным индуктивным эффектом, поставляет электронную плотность на атом углерода, который заряжается частично отрицательно. Второй атом углерода будет иметь более положительный заряд, поэтому хлор будет предпочтительно ориентироваться возле него, и, кроме того, имеет место пространственный фактор влияния S-P-(S) группы. Вследствие этого селективность реакции повышается.

Влияние же фенильного радикала при присоединении к стиролу несколько иное. Оттягивая на себя электронную плотность, бензольное кольцо является акцептором, при этом, соответственно, атом углерода, связанный с ним, будет заряжаться частично положительно. Но величина этого заряда не столь велика для того, чтобы атом хлора мог однозначно ориентироваться только к этому атому углерода. Поэтому в этом случае селективность реакции присоединения будет снижаться и идет образование смеси М- и аМ-изомеров. В данном случае на распределение изомеров будет оказывать строение самого радикала.

Для получения силоксановых полимеров с металлохелатными группировками нами было использовано присоединение фосфорсодержащих сульфенилхлоридов к поливинилсилоксану:



$$R = Et \quad M = Cr, Co \quad (9)$$

$$R = Bu \quad M = Cr, Co \quad (10)$$

Примерно через пять часов после слияния винилсилоксана и Р-сульфенилхлоридов хрома происходит образование геля, от которого растворитель отделяется центрифугированием. Для комплексов кобальта образование полимера происходило только после удаления растворителя. Полученные полимеры не растворяются в органических растворителях. Результаты элементного анализа соответствуют предполагаемому строению элементарных звеньев.

Кроме того, строение  $\gamma$ -замещенных фосфорсодержащих ацетил-ацетонатов Cr(III) и Co(III) может быть доказано с помощью реакций хелатов с гидразином [5], в результате которых в качестве основных продуктов образуются ранее неописанные в литературе пиразолы, в положении 4 которых сохраняется  $\gamma$ -заместитель комплексов. Реакцию вели, нагревая комплексы в спирте с избытком гидразина. Окончание реакции определяли методом ТСХ – по исчезновению пятна исходного хелата и обесцвечиванию реакционной смеси. Комплексы

хрома разлагаются в течение 8-10 ч, а соответствующие хелаты кобальта разрушаются в течение 1-2 ч. После удаления растворителя полученные пиразолы представляют собой маслообразные вещества светло-желтого цвета с характерным запахом. Продукты реакций исследовали методом газовой хроматографии, идентифицируя летучие соединения по их масс-спектрам. На хроматограммах реакционных смесей данных синтезов наблюдается по одному интенсивному пику, масс-спектр которого соответствует составу соответствующего пиразола. Кроме того, на хроматограммах, присутствуют по два менее интенсивных пика, масс-спектры которых отвечают ди(3,5-диметилпира-зол)дисульфиду ( $m/z = 254$ ) и 4-меркапто-3,5-диметилпиразолу ( $m/z = 128$ ). Следует отметить то, что при взаимодействии хелатов хрома с гидразином из-за подвижности атома хлора в  $\gamma$ -заместителе происходит его замещение на этокси-группу в спиртовой среде. Можно предположить, что растворитель непосредственно участвует в реакции, ввиду длительного кипячения. Для комплексов кобальта подобных процессов не наблюдалось.

Таким образом, нами были исследованы реакции Р-сульфенилхлоридов с непредельными соединениями, а структура  $\gamma$ -замещенных ацетилацетонатов была доказана с помощью реакции хелатов с гидразином, в результате которой в качестве основных продуктов впервые были получены соответствующие, ранее неописанные в литературе пиразолы, в положении 4 которых сохраняются  $\gamma$ -заместители комплексов.

### Библиографический список

1. Кутырев Г.А., Винокуров А.И., Черкасов Р.А., Пудовик А.Н. Реакционная способность фосфорсульфенхлоридов. Реакция с тетроалкилстананами // Докл. АН СССР. 1980. Т. 252. № 5. С. 1338-1341.
2. Кутырев Г.А., Винокуров А.И., Черкасов Р.А., Пудовик А.Н. Реакционная способность фосфорсодержащих сульфенхлоридов в реакциях присоединения к стиролу // Докл. АН СССР. 1979. Т. 245. Вып. 4. С. 880-883.
3. Шапкин Н.П., Свистунов Г.М., Шапкина В.Я. Синтез и исследование пространственных полимеров на основе трифункциональных комплексов металлов и соединений кремния, содержащих винильную группу // ВМС. 1989. Т. 31. № 3. С. 573-576.
4. Свистунов Г.М., Шапкин Н.П., Разов В.И., Глушченко В.Ю. / Исследование реакции сульфенилхлоридов  $\beta$ -дикетонатов с винилилсиланами // ЖОХ. 1990. Т. 60. Вып. 6. С. 1359-1364.
5. Свистунова И.В., Шапкин Н.П., Николаева О.В. Газохроматографическое исследование реакции гидразина с  $\beta$ -дикетонатами металлов // ЖОХ. 2002. Т. 72. Вып. 6. С. 962-963.

## ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ ГИДРОБИОНТОВ

**В.В. Воробьёв, Московский государственный университет  
технологий и управления, Москва**

*В статье рассматривается механизм перекисного окисления липидов и жирных кислот в биологических тканях с участием активных форм кислорода. При трансформации пероксидов полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) образуются цитотоксичный малоновый диальдегид и другие токсичные соединения, обладающие мутагенными свойствами. Показано, что при обработке в электромагнитном поле СВЧ липиды и ПНЖК гидробионтов в наименьшей степени подвергаются пероксидации, обеспечивая высокий уровень качества и безопасности пищевой рыбной продукции.*

Свободнорадикальные процессы окисления, протекающие в биологическом материале и участвующие в разнообразных физиологических и метаболических процессах, очень важны в жизнедеятельности организма. Свободные радикалы, в первую очередь, выступают в качестве инициаторов процесса перекисного окисления липидов, белков и пептидов, нуклеиновых кислот и оснований [1]. При взаимодействии радикала с молекулой органического соединения образуется новый радикал, продолжающий цепь взаимодействия, и новая молекула, т.е. перекисное окисление протекает как цепной многостадийный процесс [2].

На ускорение развития свободнорадикальных и перекисных процессов в биологическом материале в значительной степени влияют экзогенные источники образования свободных радикалов – ионизирующая радиация, УФ и электромагнитное излучение, тяжелые металлы, ксенобиотики, лекарственные средства, пищевые добавки (консерванты, эмульгаторы, стабилизаторы, усилители вкуса и аромата, вкусоароматические химические вещества и др.).

Повышенная температура при технологической обработке гидробионтов, пищевых жиров и масел, присутствие в биологическом материале ионов железа и меди способствует распаду пероксидов с образованием радикалов типа пероксил и алкоксил, эпоксидов, кетонов, насыщенных и ненасыщенных альдегидов и углеводородов.

Перекисное окисление липидов (ПОЛ) представляет собой свободнорадикальное окисление полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в биологических системах, является одним из основных процессов повреждения биологических мембран и происходит при многих патологических и патобиохимических процессах [3].

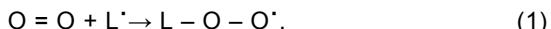
Процесс перекисного окисления липидов протекает в три стадии: инициирования, развития и завершения. Инициирование последовательного окисления ПНЖК мембранны в перекисное соединение проис-

ходит в результате свободнорадикальной атаки активных форм кислорода (АФК), обладающей достаточной реактивностью для отщепления атома водорода от метиленовой (-CH<sub>2</sub>-) группы. Так как атом водорода имеет только один электрон, при отделении H<sup>·</sup> неспаренный электрон остается на углероде (-CH<sup>·</sup>). В биологических мембранах происходит отрыв атома водорода в  $\alpha$ -положении по отношению к двойной связи у ПНЖК, входящих в состав фосфолипидов. Наличие двойной связи в жирной кислоте ослабляет связь C-H в смежных углеродных атомах и тем самым облегчает отщепление H<sup>·</sup>. Поэтому боковые связи полиненасыщенных жирных кислот мембранных липидов особенно чувствительны к окислению АФК. Чем длиннее ненасыщенная боковая цепь кислоты жирного ряда, тем сильнее у неё предрасположенность подвергнуться липидному окислению [4, 5].

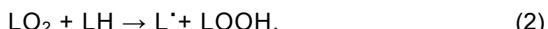
Радикал с углеродом в центре претерпевает молекулярную перегруппировку с образованием диена, содержащего сопряженные двойные связи, который в дальнейшем соединяется с кислородом и образует радикал пероксила, способный отделить атом водорода от другой жирной кислоты, начиная, таким образом, цепную реакцию.

Возникающие свободные радикалы кислорода атакуют остатки ПНЖК в липидах с образованием жирнокислотных радикалов, которые, взаимодействуя с молекулярным кислородом, превращаются в перекисные радикалы. Этот перекисный радикал органического соединения в дальнейшем взаимодействует с новыми остатками жирных кислот с образованием гидроперекиси и новых радикалов. Происходит цепная реакция – процесс цепного окисления полиненасыщенных жирных кислот, входящих в состав фосфолипидов биомембран и липопротеинов цитоплазмы клетки.

Перекисное окисление липидов представляет собой процесс, связанный с активацией кислорода, особенность которого заключается в том, что молекула O<sub>2</sub> присоединяется к свободному радикалу:



В результате образуется новый радикал – перекисный радикал органического соединения (гидропероксид). Далее происходит взаимодействие этого радикала с новой молекулой органического соединения, в результате которого протекает процесс цепного ПОЛ, где реакции (2) и (3) представляют собой звенья цепной реакции переокисления:



Внешне гидропероксидный радикал весьма близок к супероксидному радикалу, но является более сильным окислителем, поскольку способен отрывать атомы водорода от органических молекул.

К продуктам цепной реакции перекисного окисления липидов относятся разновидности гидроперекисей и циклических перекисей. При этом гидроперекиси рассматривают как первичный продукт ПОЛ. При распаде гидроперекисей наряду с ионом гидроксила образуется алкоксильный радикал, разрушающий структуру молекулы жирной кислоты на фрагменты разной величины. Липопероксидация полиненасыщенных жирных кислот сопровождается образованием других конечных продуктов, в том числе появлением эпоксидов [2].

При трансформации пероксидов ПНЖК образуются вторичные соединения, среди которых превалируют альдегиды и наиболее распространенный цитотоксичный малоновый диальдегид (МДА), образование которого сопряжено с выделением оксида углерода [6]. Конечными продуктами пероксидации полиненасыщенных жирных кислот являются продукты поликонденсации-полимеризации липидов, протекающей по радикальному механизму.

Малоновый диальдегид – один из многих продуктов перекисного окисления липидов, образующийся в относительно небольших количествах при пероксидации ПНЖК, содержащих более двух двойных связей. Образуется он и при пероксидации олеиновой кислоты. Гораздо в больших количествах МДА образуется при пероксидации ксенобиотиков (пищевых добавок, лекарственных средств, пестицидов и т.п.) в микросомах печени в присутствии железа, а также энзиматически в присутствии эйкозаноидов. МДА может существовать в нескольких формах в зависимости от значения рН.

В физических условиях МДА также может взаимодействовать с белками, в особенности с остатками лизина, образуя внутри- и межмолекулярные сшивки. Малоновый диальдегид способен реагировать с азотистыми основаниями ДНК, давая мутагенный эффект. Слабая степень мутагенности МДА подтверждена в бактериальных тест-системах. В тканях млекопитающих МДА быстро метаболизируется.

При тепловой обработке гидробионтов наряду с гидролитическими и денатурационными процессами происходит свободнорадикальное и перекисное окисление липидов, нуклеиновых кислот и белков, существенно снижающих биологическую и пищевую ценность, а также качество изготавливаемых продуктов питания.

В производстве пищевой продукции для минимирования негативных биохимических и физико-химических трансформаций в биосыре животного и растительного происхождения важное значение имеет существенное снижение температурного градиента при многократном сокращении продолжительности технологического процесса обработки.

Традиционные технологии, основанные на градиентном длительном высокотемпературном нагреве гидробионтов, по сравнению с электротехнологиями, в частности с использованием СВЧ нагрева, являются следствием значительного возрастания процессов гидролиза и пе-

роксидации липидов, протекающих через распад триацилглицеролов, образующихся гидроперекисей в ненасыщенных жирных кислотах и накопление вторичных продуктов окисления.

В процессе размораживания трески, палтуса и филе ставриды в воде (при температуре 20 °C) и воздушной среде (20 °C) по сравнению с рыбой, размороженной электромагнитным полем сверхвысокой частоты (табл. 1), содержание диацилглицеролов возрастает в 1,8-2,7 раза, а моноацилглицеролов – 3-5 раз [7]. При конвективных традиционных способах размораживания накопление образующихся при гидролизе свободных (неэтерифицированных) жирных кислот в мышечной ткани рыбы происходит в значительной мере, чем при обработке гидробионтов СВЧ энергией.

Таблица 1

| Фракции липидов                 | Треска    |               |        | Палтус  |           |               | Филе ставриды |            |           |
|---------------------------------|-----------|---------------|--------|---------|-----------|---------------|---------------|------------|-----------|
|                                 | Мороженая | Размороженная |        |         | Мороженый | Размороженный |               |            | Мороженое |
|                                 |           | на воздухе    | в воде | ЭМП СВЧ |           | на воздухе    | ЭМП СВЧ       | на воздухе |           |
| Триацилглицериды                | 5,4       | 5,0           | 5,2    | 5,4     | 92,1      | 89,3          | 92,2          | 65,9       | 51,6      |
| Фосфолипиды                     | 82,6      | 77,2          | 79,1   | 82,0    | 1,3       | 1,3           | 1,2           | 0,1        | 12,6      |
| Диацилглицериды                 | 0,9       | 2,3           | 1,6    | 1,0     | 0,4       | 1,1           | 0,4           | 0,9        | 2,5       |
| Моноацилглицериды               | 0,4       | 1,4           | 1,2    | 0,5     | 0,3       | 1,0           | 0,3           | 0,3        | 1,6       |
| Свободные жирные кислоты        | 6,4       | 9,1           | 8,2    | 6,6     | 4,4       | 5,6           | 4,5           | 7,3        | 9,8       |
| Эфиры стеринов                  | 2,4       | 3,0           | 2,8    | 2,5     | 1,4       | 1,7           | 1,4           | 14,3       | 20,5      |
| Стерины, в том числе холестерин | 1,9       | 2,0           | 1,9    | 2,0     | сл.       | сл.           | сл.           | 1,2        | 1,4       |

Размораживание на воздухе приводит к увеличению содержания СЖК в палтусе и филе ставриды соответственно на 27 и 34 %, а в воде и воздушной среде уровень СЖК в треске возрастает соответственно на 28 и 42 % по сравнению с исходным уровнем значений мороженой рыбы. Содержание в мышечной ткани рыбы СЖК при микроволновом размораживании повышается незначительно – на 2-3 %.

Продолжительное размораживание гидробионтов в воде и на воздухе по сравнению с традиционной обработкой СВЧ-нагревом вызывает интенсивную липопероксидацию полиненасыщенных жирных кислот, уровень содержания которых снижается вследствие свободнорадикальных процессов окисления, обуславливающих накопление гидроперекисей и цитотоксичных вторичных соединений (табл. 2).

Таблица 2

| Шифр кислоты | Кислота              | Треска    |               |        | Палтус    |               |         |
|--------------|----------------------|-----------|---------------|--------|-----------|---------------|---------|
|              |                      | Мороженая | Размороженная |        | Мороженый | Размороженный |         |
|              |                      |           | на воздухе    | в воде |           | на воздухе    | ЭМП СВЧ |
| 16:2 ω 6     | Гексадекадиеновая    | 0,20      | 0,22          | 0,21   | 0,19      | 0,50          | 0,49    |
| 18:2 ω 6     | Линолевая            | 0,72      | 0,76          | 0,76   | 0,73      | 0,80          | 0,70    |
| 18:3 ω 3     | Линоленовая          | 0,12      | 0,12          | 0,12   | 0,12      | 0,43          | 0,16    |
| 18:4 ω 6     | Октадекатетраеновая  | 0,47      | 0,53          | 0,47   | 0,48      | 0,88          | 0,72    |
| 20:2 ω 6     | Эйкозадиеновая       | 0,27      | 0,29          | 0,31   | 0,26      | 0,20          | 0,21    |
| 20:3 ω 3     | Эйкозатриеновая      | 0,18      | 0,19          | 0,20   | 0,18      | 0,12          | 0,13    |
| 20:4 ω 6     | Арахидоновая         | 2,08      | 2,19          | 2,07   | 2,11      | 0,51          | 0,49    |
| 20:5 ω 3     | Эйкозапентаеновая    | 15,02     | 13,25         | 13,76  | 15,08     | 3,70          | 3,06    |
| 21:5 ω 3     | Гептакозапентаеновая | 0,13      | 0,15          | 0,13   | 0,14      | 0,22          | 0,19    |
| 22:4 ω 6     | Докозатетраеновая    | 0,11      | 0,13          | 0,13   | 0,11      | 0,10          | 0,12    |
| 22:5 ω 3     | Докозапентаеновая    | 1,33      | 1,34          | 1,39   | 1,31      | 0,76          | 0,79    |
| 22:6 ω 3     | Докозагексаеновая    | 24,29     | 21,55         | 22,11  | 24,28     | 4,31          | 4,47    |
| Сумма:       |                      | 44,92     | 40,71         | 41,64  | 44,98     | 12,53         | 11,53   |
|              |                      |           |               |        |           |               | 12,16   |

Снижение температурного градиента при сокращении продолжительности диэлектрического размораживания гидробионтов многократно обеспечивает сохранение и стабильность липидов мышечной ткани рыбы, положительно влияющих на качественный уровень готовой пищевой продукции.

Термообработка культивируемых мидий водой (температура – 100 °C) и паром (115 °C) вследствие гидролиза и окисления липидов сопровождается ростом диглицеридов в мясе моллюсков по сравнению с живыми мидиями в 2,2-2,4 раза, а моноглицеридов – в 4,5 раза. При щадящих режимах бланширования с использованием ЭМП СВЧ в отличие от конвективного нагрева содержание в липидах мяса мидий ди- и моноглицеридов в 16-18 раз меньше и повышается от исходного уровня незначительно, соответственно на 7 и 20 % [8]. Аналогичная тенденция наблюдается и с накоплением свободных жирных кислот.

Микроволновая обработка двусторчатых моллюсков при температуре 82-85 °C, обеспечивающая сокращение технологического процесса по сравнению с градиентным нагревом в 4-6 раз, вследствие незначительной липидной пероксидации позволяет существенно сохранить уровень содержания эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот, превышающий значения в традиционно бланшированном мясе мидий соответственно на 16-22 % и 41-58 %.

Для сохранения нативных свойств гидробионтов в процессе холодильного хранения при глазировании мороженой рыбы используют антиокислительные препараты. Добавление антиоксидантного препарата «Лестин-1» в глазурь мороженой тихоокеанской сельди существенно снижает интенсивность образования и накопления в мышечной ткани рыбы малонового диальдегида и вторичных продуктов пероксидации [9]. При этом за последние пять из 12 месяцев хранения количество эйкозапентаеновой кислоты в контрольной партии мороженой сельди уменьшилось на 32,8 %, докозагексаеновой – на 43 %, а в опытной партии изменения этих полиеновых кислот составило соответственно 19,8 и 3 %.

Для значительного снижения и предотвращения свободнорадикального и перекисного окисления липидов в гидробионтах и повышения уровня качества биологической и пищевой ценности продукции из сырья морского промысла необходимо создавать инновационные щадящие технологии производства высококачественных продуктов питания.

### Библиографический список

1. Владимиров Ю.А. Свободные радикалы и антиоксиданты // Вестник РАМН. 1998. № 7. С. 43-51.
2. Барабой В.А., Брехман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. СПб.: Наука, 1992. 148 с.
3. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биомембранах. М.: Наука, 1972. 272 с.
4. Осипов А.Н., Азизова О.А., Владимиров Ю.А. Активные формы кислорода и их роль в организме // Успехи биол. химии. 1990. Т. 31. С. 180-208.
5. Bielski B.H., Arudi R.L., Sutherland M.W. A study of the reactivity of HO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> – with unsaturated fatty acids // J. Biol. Chem. 1983. Vol. 258. P. 4759-4761.
6. Ланкин В.З. Метаболизм липоперекисей в тканях млекопитающих // Биохимия липидов и их роль в обмене веществ. М., 1981. С. 75-95.
7. Воробьев В.В. Обработка гидробионтов СВЧ-нагревом и управление качеством продукции: Моногр. М., 2004. 356 с.
8. Воробьев В.В. Влияние тепловой обработки на изменение состава липидов культивируемых мидий // Обработка рыбы и морепродуктов: Новости отечественной и зарубежной рыбообработки. ВНИЭРХ. 2001. Вып. 3. С. 1-4.
9. Ромашина Н.А., Гнитецкая Н.Н., Чибиряк Л.М., Павель К.Г. Влияние антиоксиданта «Лестин-1» на состав полиеновых жирных кислот и содержание вторичных продуктов окисления сельди в процессе морозильного хранения // Матер. Всероссийской науч.-техн. конф. «Наука и образование – 2003». Мурманск: МГТУ, 2003. Ч. 4. С. 204-205.

## ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ

Л.И. Ильченко; В.Д. Чайка, Дальрыбвтуз, Владивосток

Результаты обработки экспериментальных исследований по кипению воды на горизонтальных трубах показали общие закономерности изменения коэффициента теплоотдачи и температурного напора от плотности теплового потока для кипящих жидкостей. Предложены новая простая модель теплопереноса, учитывающая особые свойства жидкостей вблизи нагревателя, и методика расчета значений коэффициента теплопроводности пограничных слоев.

Пузырьковое кипение широко применяется в областях техники, отличающихся высокими тепловыми нагрузками на единицу объема, таких, как производство электроэнергии, холодильная техника, химическая технология, ядерная энергетика и т.д. В связи с этим теплопередача и механизм пузырькового кипения интенсивно изучались применительно к различным жидкостям. При этом найдены некоторые обобщающие закономерности, но для других явлений фазового превращения жидкостей на нагреваемых поверхностях однозначных представлений не достигнуто [1, 2]. В предыдущих наших работах [3, 4] попытка изучить процессы пузырькового кипения с учетом особых свойств жидкостей в пограничном слое оказалась весьма плодотворной. Основанием для такого подхода служит широкий спектр работ в области поверхностных сил, проводимых школой Б.В. Дерягина [5], но оставшийся по неизвестным причинам вне поля зрения исследователей процессов пузырькового кипения.

Традиционным методом исследования процессов кипения является выявление закономерностей, которые возникают при регулируемом подводе энергии к различным видам нагревателей (проволочные, плоские, цилиндрические) путем регистрации изменений температуры в жидкости и нагревателе. Обработка некоторых наших исследований по кипению воды на горизонтальных цилиндрических нагревателях проводилась по такой же схеме [6, 7]. Значения коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  от нагревателя к кипящей воде при различных плотностях тепловых потоков  $q$  рассчитывались в соответствии с законом Ньютона-Рихмана:

$$q = \alpha (T_{cm} - T_h) = \alpha \Delta T, \quad (1)$$

где  $T_{cm}$  – осредненная температура на поверхности нагревателя,  $T_h$  – температура насыщения кипящей жидкости в объеме,  $\Delta T$  – перегрев кипящей жидкости (температура стенки нагревателя и температура прилегающей жидкости принимаются равными).

Полученные результаты, представленные в логарифмических координатах (рис. 1), можно описать уравнением:

$$\alpha = Cq^p, \quad (2)$$

где значения постоянных  $C$  и  $p$  варьируют в зависимости от условий экспериментов.

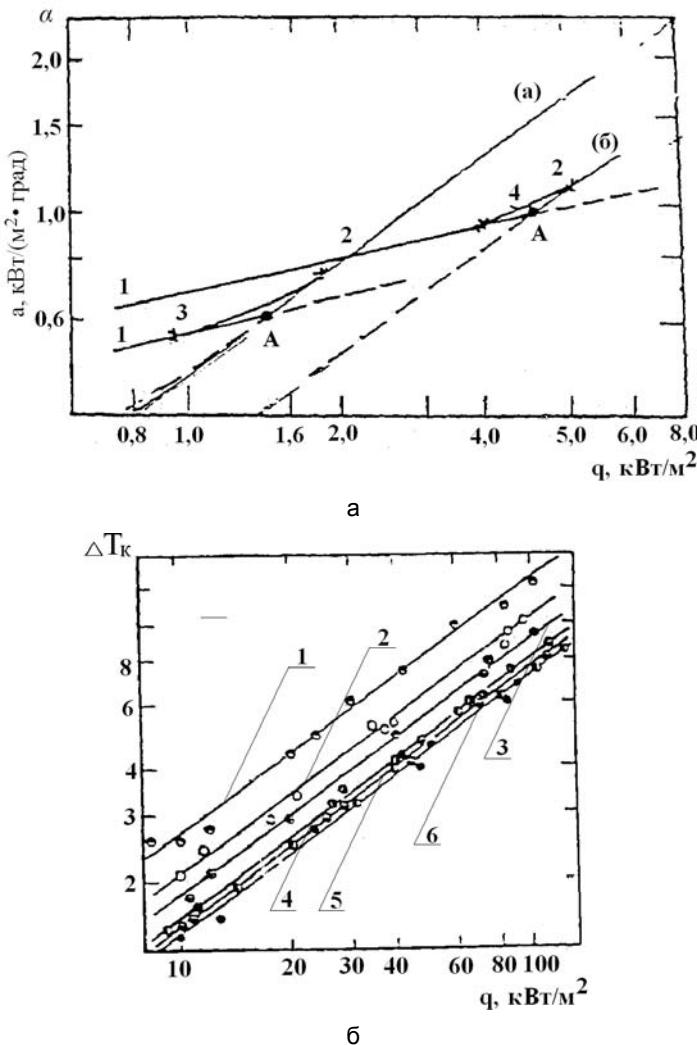


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока при кипении воды: а) 1 – труба диаметром 70 мм, 2 – труба  $D = 10$  мм;  
б) труба из латуни  $D = 34$  мм, 1 – дистиллят при 100 кПа, 2 – морская вода при 100 кПа, 3 – 50 кПа, 4 – 20 кПа, 5 – 13 кПа, 6 – 8 кПа

Такая же степенная зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока  $q$  отмечена во многих других работах, причем не только при кипении воды, но и других жидкостей, таких, как фреоны, спирты (см. рис. 1, б) [9-13]. Следовательно, в этом проявляется некоторая общая закономерность, которую попытаемся выяснить.

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  в соответствии с уравнением (1) при постоянном температурном напоре  $\Delta T$  и линейном увеличении теплового потока  $q$  должен увеличиваться линейно-пропорционально  $q$ ; коэффициент  $\alpha$  может быть постоянной величиной при линейном увеличении  $q$  и линейном увеличении температурного напора  $\Delta T$ . Степенная (логарифмическая) зависимость коэффициента  $\alpha$  от плотности теплового потока в виде уравнения (2) может быть только в том случае, когда при линейном увеличении плотности теплового потока  $q$  температурный напор  $\Delta T$  изменяется также по логарифмическому закону – в степенной зависимости.

Действительно, результаты многих экспериментальных работ представляют обычно в виде закономерности  $\Delta T = Bq^m$  [8, 10] без дальнейших комментариев (рис. 2). Между тем с учетом однозначности взаимосвязи коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  и температурного напора  $\Delta T$  в соответствии с уравнением (1)  $\Delta T = q/\alpha$ , если подставить значения  $\alpha$  из уравнения (2), получим:

$$\Delta T = B \cdot q^m = q^{1-n} \cdot C^{-1}, \quad (3)$$

где постоянные  $C = B^{-1}$  и  $n$  имеют те же значения, что и в уравнении (2).

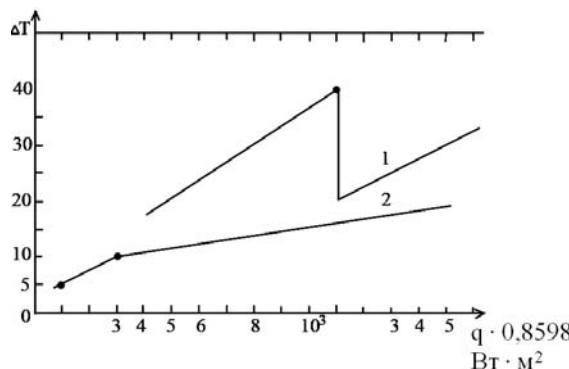
Таким образом, основная причина степенной зависимости коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  при кипении жидкостей заложена в изменении температурного напора  $\Delta T$  по логарифмическому закону с линейным изменением плотности теплового потока.

Для выяснения причины степенной зависимости температурного напора (точнее, температуры поверхности нагревателя) от величины теплового потока проанализируем распределение температур в кипящих жидкостях и особенно вблизи нагревателя. Как следует из температурных профилей (рис. 3), большая часть температурного перепада между поверхностью нагрева и жидкостью в объеме приходится на очень тонкий пограничный слой толщиной до 0,2 мм, прилежащий к поверхности нагрева. При этом отмечается, что в пределах 0÷0,1 мм от поверхности нагрева профили температур практически линейны [13, 14].

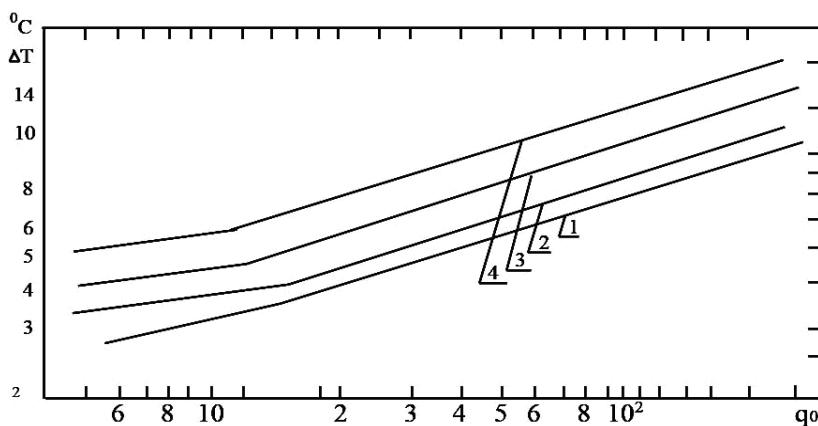
Профили температур служат информационно емкой характеристической теплофизических свойств приграничных слоев жидкости. Если мысленно разбить пограничный слой на отдельные довольно тонкие про-

слойки, то по перепаду температур  $\Delta T$  в каждом слое и известной плотности теплового потока при стационарном режиме можно определить теплопроводность слоя или, переходя к предельным значениям  $\Delta \delta_i = \Delta x_i$  при  $\Delta x \rightarrow 0$  в соответствии с законом Фурье, получим:

$$q = -\frac{\pi}{\Delta \delta_i} \Delta T_i = -\eta_i \frac{d(\Delta T)}{dx} \quad (4)$$



а



б

Рис. 2. Зависимость температурного напора  $\Delta T$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , от плотности теплового потока: а) 1 – [11], 2 – [12]; б) для труб диаметром 1 – 70 мм, 2 – 34 мм, 3 – 16 мм, 4 – 10 мм

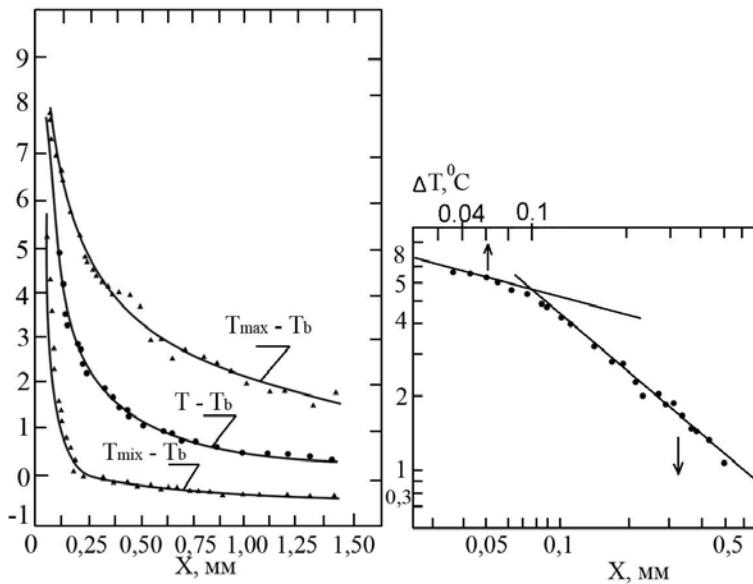


Рис. 3. Профили осредненных температур в перегретом пограничном слое [13]

В этом уравнении коэффициент теплопроводности  $\lambda_i$  не идентичен коэффициенту теплопроводности жидкости  $\lambda$ , который имеет постоянные табличные значения. Например, при переходе от пограничного слоя к объемной жидкости теплопередача все в большей мере будет определяться естественной конвекцией и значение  $\lambda_i$  будет увеличиваться, в то время как остаются постоянными значения  $\lambda$ .

Наибольший интерес представляют слои жидкости, непосредственно прилегающие к поверхности нагревателя. Прямолинейность профиля температур на этом участке в декартовых координатах, отмеченная во многих экспериментах [13, 14 и др.], представляется, на наш взгляд, несколько не точной. Конечно, вполне понятны те экспериментальные трудности, которые возникают при измерении распределения температур в слоях жидкости толщиной 10÷40 мкм и возможные при этом погрешности. Тем не менее при линейном характере температурного профиля в декартовых координатах (см. рис. 3, а) при переходе в логарифмический масштаб зависимость  $\lg T - (\lg x)$  должна иметь показатель степени при  $\lg x$ , равный единице (угловой коэффициент), что не наблюдается на рис. 3, б. Во-вторых, линейный профиль в декартовых координатах характеризует неизменность теплофизических свойств тонких пленок жидкостей вблизи твердых тел. Между тем известные аномальные свойства этих пленок, такие, как вязкость, расклинивающее

давление  $\Pi$  изменяются по мере утолщения из-за ослабления сил воздействия твердого тела. Следовательно, и теплопроводность в тонких жидкостных пленках не может не изменяться по мере удаления от твердой поверхности, все более приближаясь к свойствам объемной жидкости.

При этом, как отмечается в работе [15], силы притяжения в тонких пленках от закона  $x^3$  на «малых» расстояниях переходят к закону  $x^4$  на «больших» расстояниях. На этом основании температурный профиль в логарифмическом масштабе (см. рис. 3, б) может быть разбит на три участка – зоны – и аппроксимирован зависимостью

$$\Delta T = Dx^{-m},$$

где  $m$  – постоянная (показатель степени), или угловой коэффициент, равный для первой зоны  $m = 0,25$ , для второй –  $0,41$  и для третьей –  $0,82$ .

Постоянную  $D$  можно найти по координатам любой известной точки, принадлежащей этой зоне. Так, для первой зоны ( $x = 0 \div 0,05$  мм) при  $x = 0,05$  мм,  $\Delta T = 6,4$  К,  $D = 0,538$  получим уравнение температурного профиля:

$$\Delta T = 0,538x^{-0,25},$$

для второго участка – зоны ( $x = 0,05 \div 0,07$  мм)  $\Delta T = 0,11x^{-0,41}$ . Для третьей зоны ( $x = 0,07 \div 0,5$ ) найдем постоянную  $D$  в точке этого участка при  $x = 0,1$  мм,  $\Delta T = 4,2$  К;  $D = 0,67$  и профиль температур

$$\Delta T = 0,67x^{-0,82}.$$

По экспериментально найденному температурному профилю для каждой зоны и его аналитическому выражению можно найти температурный градиент, например, для третьей зоны:

$$\frac{d(\Delta T)}{dx} = (0,67x^{-0,82})' = 0,55x^{-1,82}. \quad (5)$$

Расчет по уравнению (4) с учетом (5) коэффициента теплопроводности  $\lambda_i$  для третьей зоны при  $x = 0,1$  приводит к значениям  $\lambda_i = 1,465$  Вт/м·град, что в два раза больше стандартных значений коэффициента теплопроводности для воды при 100 °C ( $\lambda = 0,683$  Вт/м·град). И в этом нет ничего удивительного, поскольку эти значения  $\lambda_i$ , как уже отмечалось, характеризуют не только теплопроводность воды, но и конвективный теплоперенос. С увеличением расстояния от нагревателя значения коэффициента  $\lambda_i$  в соответствии с уравнением (5) будут все более увеличиваться за счет преобладания конвекции и в этой связи – наблюдаться уменьшение температурного градиента.

Для ближайшего к нагревателю слоя жидкости профиль температур можно описать уравнением

$$\Delta T = Dx^{-0.25} = 0,538x^{-0.25}, \quad (6)$$

а градиент температур уравнением (7)

$$\frac{d(\Delta T)}{dx} = -0,135x^{-1.25}. \quad (7)$$

С другой стороны, если сделать предположение о том, что воздействие сил притяжения поверхности твердого тела на приграничные слои жидкости ослабевает по экспоненциальному закону, то в этом случае профиль температур может быть описан уравнением, подобным барометрической формуле

$$\Delta T = \Delta T_0 \exp(-kx), \quad (8)$$

где  $x$  – расстояние от поверхности нагревателя,  $k$  – постоянная, различная для конкретных условий кипения.

Действительно, обработав результаты экспериментов [13] (рис. 3, а) в полулогарифмических координатах, получим довольно четкую линейную зависимость:

$$\lg \Delta T = \lg \Delta T_0 - kx, \quad (9)$$

для области  $0 \div 0,25$  мм (см. рис. 3, б), в которой постоянная  $k = 5,6 \cdot 10^3$  (град/м).

Важно то, что экстраполяция температурной зависимости (9) на поверхность нагревателя точно соответствует экспериментально наблюдаемому значению температуры. Из этого следует важный вывод о том, что передача тепла от нагревателя к прилегающим слоям жидкости не встречает никакого термического сопротивления. Более того, вполне допустимо, что, как отмечено в работах [3, 16], жидкие пленки толщиной в несколько молекулярных слоев вблизи твердых тел могут иметь, наоборот, повышенную почти на порядок теплопроводность. Однако теплообмен между твердым телом и жидкостью определяется не этими, а последующими слоями, оказывающими наибольшее термическое сопротивление.

После проведенного анализа вновь обратимся к рис. 1. На этих кривых имеются точки перегиба – смена показателя степени  $n$  зависимости  $\alpha \sim q^n$ , а следовательно, и механизма теплоотдачи. Кривые зависимости температурного напора  $\Delta T = C^{-1} q^{1-n}$  на рис. 2, б имеют такой же излом.

Перед началом пузырькового кипения в первый период показатель степени  $n$  зависимости  $\alpha = Cq^n$  равен 0,25. При этом вблизи нагревателя жидкость в приграничном слое перегрета, а в объеме – нагрета до состояния насыщения. На самом нагревателе и в тончайшем перегре-

том слое перегретая жидкость, получая дополнительную энергию от нагревателя, претерпевает фазовый переход, пограничный слой становится насыщенным «паровыми зародышами», «паровыми включениями» [17]. Однако перенос паровой фазы («паровых зародышей») через пограничный слой с аномально низкой теплопроводностью в силу отсутствия конвекции и как бы «прилипший» к нагревателю встречает определенные трудности и может осуществляться по принципу «трансляционного переноса» [18]. Этот период предпузырькового кипения можно считать «тихим кипением», так как имеют место интенсивное парообразование и перенос пара к поверхности жидкости; конденсация пара в объеме насыщенной жидкости не происходит.

По мере роста плотности теплового потока  $q$  растет насыщенность пограничного слоя паровыми зародышами, так как их перенос в объемную жидкость встречает термическое сопротивление, температура поверхности нагревателя увеличивается по логарифмическому закону, «кажущаяся» теплопроводность слоя увеличивается. При этом создаются необходимые условия для зарождения паровых пузырей в пограничном слое за счет увеличения температуры в перегретой жидкости, толщины этого слоя и его насыщенности паром.

Температура перегретой жидкости определяет тот наименьший радиус зарождающегося пузыря, который отвечает условию равновесия давлений пара в пузыре и в окружающей его перегретой жидкости [3]. Зародившийся пузырь отделен от нагревателя и удерживается тонкой пленкой жидкости с расклинивающим давлением  $P$ , равным давлению в пузыре  $P = 2 \delta /R$ . Радиус пузыря при перегреве в пограничном слое  $\Delta T = 5$  К может быть не менее 5 мкм, а при перегреве  $\Delta T = 20$  К – не менее 1,5 мкм. Таким размерам пузырей будет соответствовать разделительная пленка толщиной порядка  $2 \cdot 10^{-7}$  мкм [19], что намного меньше толщины пограничного слоя, который оказывал термическое сопротивление передаче тепла от нагревателя.

В связи с этим при зарождении паровых пузырей резко увеличивается коэффициент теплопередачи, и следовательно, коэффициент теплоотдачи, наклон прямых в логарифмических координатах зависимости  $\alpha = Cq^n$  также увеличиваются (см. рис. 1), одновременно уменьшается перегрев поверхности нагревателя (рис. 2, б). По мере роста плотности теплового потока увеличивается доля тепла, отводимого паровыми пузырями, хотя некоторая доля продолжает отводиться паровой фазой за счет трансляционного переноса. Такова физическая модель пузырькового кипения с учетом особых свойств тонких пленок жидкостей в пограничных слоях.

### Библиографический список

1. Лабунцов Д.А. Современные представления о механизме пузырькового кипения жидкостей // Теплообмен и физическая газодинамика. М.: Наука, 1974. С. 98-115.

2. Ягов В.В. Теплообмен при развитом пузырьковом кипении жидкостей // Термоэнергетика. № 2. 1988. С. 4-9.
3. Ильченко Л.И., Чайка В.Д. Особые свойства жидкостей в пленках и их влияние на рост паровых пузырей // Четвертая российская национальная конф. по теплообмену. М.: МЭИ, 2006. Т. 4. С. 133-136.
4. Ильченко Л.И., Чайка В.Д. Модель роста паровых пузырей на горизонтальных цилиндрических нагревателях // Наука и технологии. Сек. 2. Краткие сообщения XXVII Российской школы. Екатеринбург, 2007. С. 40-42.
5. Дерягин Б.В. Некоторые итоги исследований в области поверхностных сил и тонких пленок. Поверхностные силы в тонких пленках и устойчивость коллоидов. М.: Наука, 1974. С. 5-13.
6. Чайка В.Д. Вопросы физики кипения жидкостей. Владивосток: Дальнаука, 1996. С. 212.
7. Чайка В.Д. Эксперимент и теория при закипании воды на горизонтальных трубах. Владивосток, 2002. Ч. 1. С. 92.
8. Несис Е.И. Кипение жидкостей. М.: Наука, 1973. С. 380.
9. Лабунцов Д.А., Ягов В.В., Городов А.К. Экспериментальное определение температурного напора начала кипения воды и этаполова в области низких давлений // Кипение и конденсация. Рига: Рижский политехнический институт, 1977. С. 16-23.
10. Субботин В.И., Сорокин Д.Н., Овечкин Д.М., Кудрявцев А.П. Теплообмен при кипении метанов в условиях естественной конвекции. М.: Наука, 1969. С. 209.
11. Nishikawa K., Fujita Y., Nawata Y., Nishijima T. Effect of Pressure on Nucleate Boiling Heat Transfer of Water // Mem. Fac. Eng. Kyushu Univ., 1970. Vol 30 № 2. P. 27-49.
12. Гертнер Р.Ф. Фотографическое исследование пузырькового кипения в большом объеме // Теплопередача. Сер. С. М.: Мир, 1965. Т. 97. № 1. С. 20-35.
13. Маркус Б., Дропкин Д. Экспериментальное исследование температурных профилей в перегретом пограничном слое под горизонтальной поверхностью при пузырьковом кипении воды в большом объеме // Теплопередача. Сер. С. М.: Мир, 1965. Т. 87. № 3. С. 14-25.
14. Липперт Т., Дугель Р. Экспериментальное исследование профилей температуры в тепловом подслое при пузырьковом кипении в большом объеме воды, фреона 113 и метилового спирта // Теплопередача. Сер. С. М.: Мир, 1968. Т. 90. № 3. С. 71-77.
15. Дзялошинский И.Е., Лифицц Е.М., Питаевский Л.П. Ван-дер-Ваальсовы силы в жидких пленках // ЭХЭТФ. Т. 37. 1959. Вып. 1(7). С. 229-241.
16. Мецик М.С. Новые данные о теплопроводности тонких пленок воды // Исследования в области поверхностных сил: Сб. докл. III конф. по поверхностным силам. М.: Наука, 1967. С. 41-42.
17. Volmer M. Kinetic der Phasenbildung, Dresden. – Leipzig, 1939.
18. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: Наука, 1975. С. 592.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ В ОПОРАХ ВАЛА ЭЛЕКТРОМОТОРА, УСТАНОВЛЕННОГО НА СУДНЕ

Н.П. Кадочникова, Дальрыбвтуз, Владивосток

*В статье рассмотрен один из способов определения динамических давлений на опоры вала ротора электромотора, установленного на судне, с применением теорем и законов теоретической механики.*

Теоретическая механика как одна из важнейших дисциплин имеет большое значение в решении многих инженерных задач.

В задаче, изложенной ниже, приведен один из способов определения динамических давлений на опоры вала ротора электромотора, установленного на судне, при бортовой качке, с использованием основных положений элементарной теории гироскопа.

Ротор электромотора, подключенного к компрессору, установленному на судне, имеет горизонтальную ось вращения  $AB$ , которая расположена перпендикулярно к продольной оси судна  $O_1O_2$  (рисунок).

Оси  $O_1O_2$  пересекаются в центре тяжести  $O$  ротора. Момент инерции ротора относительно оси  $AB$  равен  $I$ ,  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора.

Определить наибольшее значение динамических давлений в опорах  $A$  и  $B$  вала ротора электромотора при установившейся бортовой качке судна, происходящей вокруг оси  $O_1O_2$  по гармоническому закону

$\varphi_1 = \varphi_0 \sin \frac{2\pi}{T} t$  с угловой амплитудой  $\varphi_0$ . Расстояние между опорами  $A$  и  $B$  равно  $h$ .

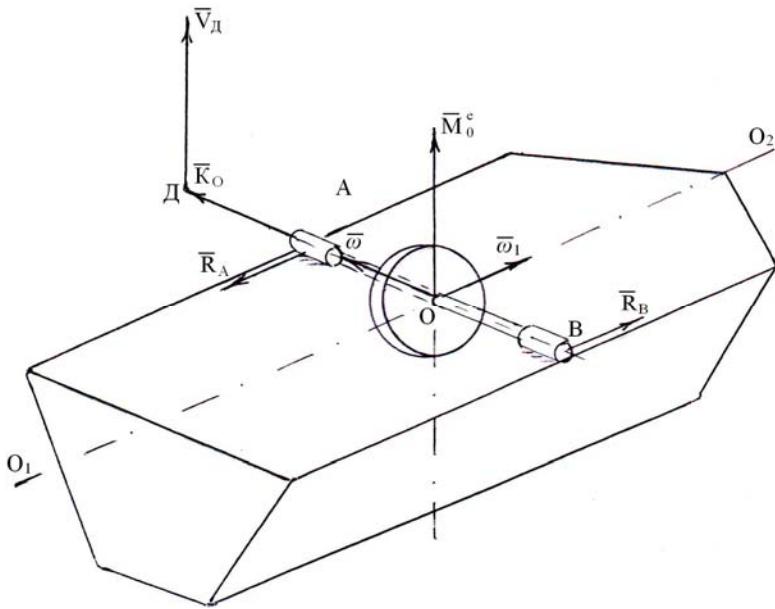
При бортовой качке судна ось  $AB$  ротора электромотора меняет свое направление.

Ротор электромотора является гироскопом, и вместе с судном они образуют гироскопическую систему с двумя степенями свободы, так как его положение определяется двумя независимыми параметрами:

- 1) углом поворота ротора вокруг оси  $AB$  –  $\varphi$ ;
- 2) углом поворота оси  $AB$  вокруг оси  $O_1O_2$  –  $\varphi_1$ .

Пользуясь приближенной теорией гироскопов, имеем, что главный момент количества движения ротора  $\bar{K}_0$  относительно его центра тяжести  $O$  направлен вдоль оси  $AB$  в сторону  $\bar{\omega}$ , конец вектора  $\bar{K}_0$  точка  $D$  (рисунок).

При бортовой качке точка  $D$ , конец вектора  $\bar{K}_0$ , приобретает скорость  $\bar{V}_D \perp \bar{K}_0$  в момент, соответствующий горизонтальному положению  $AB$ , и может быть направлена вверх или вниз.



Ротор электромотора, установленного на судне

Рассмотрим случаи, когда  $\bar{V}_D$  направлена вверх.

Точка  $D$  движется по дуге окружности радиуса  $\bar{K}_0$  с угловой скоростью  $\omega_1$ :

$$V_D = K_0 \omega_1, \quad K_0 = I\omega, \quad V_D = I\omega \omega_1, \quad \omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{2\pi\varphi_0}{T} \cos \frac{2\pi t}{T},$$

$$\omega_{1\max} \frac{2\pi\varphi_0}{T}, \text{ то } V_D = \frac{2\pi\varphi_0}{T} I\omega.$$

Если  $M_0^e$  – момент пары сил, образованной динамическими силами реакций опор А и В, то по теореме Резаля:

$$V_D = M_0^e, \quad M_0^e = \frac{2\pi\varphi_0}{T} I\omega.$$

Реакции опор  $\bar{R}_A, \bar{R}_B$  лежат в плоскости, перпендикулярной  $M_0^e$ , т.е. в горизонтальной, и направлены так, что с конца вектора  $M_0^e$  вращение видно против часовой стрелки.

Через половину периода поворот судна будет происходить в противоположную сторону, и  $\bar{R}_A$  и  $\bar{R}_B$  получат противоположные направления

$$R_A = R_B = \frac{M_0^e}{AB} = \frac{2\pi\varphi_0 I \omega}{Th}. \quad (1)$$

Проанализировав формулу (1) имеем:

- 1) применяя элементарную теорию гироскопа, в частности теорему Резаля, можно легко определять динамические давления на опоры вала ротора электромотора при бортовой качке судна;
- 2) в момент перемены направления вращения  $\omega = 0$   $R_A = R_B = 0$ ;
- 3) динамические силы давления на опоры прямо пропорциональны угловой скорости вращения ротора электромотора и обратно пропорциональны периоду колебания судна.

### **Библиографический список**

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов. 13-е изд., стер. М.: Выш. шк., 2003. Т. 19. 416 с.
2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / А.А. Яблонский, С.С. Норейко, С.А. Вольфсон и др. / Под общей ред. А.А. Яблонского. М.: Выш. шк., 2006. 369 с.

УДК 664.951

### **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОСЬМИНОГА**

**Э.Н. Ким; Н.А. Кучеренко; Т.В. Молоткова,  
Дальрыбвтуз, Владивосток**

В статье рассматривается новый способ обработки головоногих моллюсков (осьминога), который улучшает качество готовой продукции. Представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава кожи и мяса осьминога. Безотходная технология приготовления «Холодца из морепродуктов» позволяет расширить ассортимент, уменьшив себестоимость готового продукта.

В рыбной промышленности России производится большое количество разнообразной продукции из различного сырья водного происхождения. При анализе уровня техники выяснилось, что в обширном ассортименте оказалось мало пищевой продукции из осьминога, особенно

при производстве кулинарных изделий. Из данного сырья готовят сущеную, копченую продукцию, пресервы, мороженый полуфабрикат, не используя кожу осьминога. Как правило, ее удаляют с мантии и конечностей и выбрасывают.

Хотя продукция из осьминога считается деликатесной, производственники сталкиваются с проблемой обработки сырья, за счет чего выпуск продукции ограничен, так как на коже осьминога выделяется много слизи, которая имеет густую липкую консистенцию и с трудом смывается водой. Мясо осьминога после термической обработки становится упруго-плотным, вязким, получается грубым по вкусу и консистенции в отличие от мяса кальмара. Поэтому для производства кулинарных изделий из представителей головоногих моллюсков чаще используют кальмаров, которые являются полноценным белковым продуктом питания и легко поддаются обработке.

В данной статье представлен кулинарный продукт из осьминога, по своей технологии отличающийся от других известных технологий особенностью обработки сырья, в результате которого и получается готовый продукт с нежной сочной мягкой и в то же время упругой консистенцией. Известны технологии приготовления, например, осьминога горячего копчения [1], холодного копчения [2], консервов и пресервов («Сюрприз океана», «Осьминог в ароматизированном масле») [3]. В процессе изготовления сырье подвергается разделке, мойке, снятию кожного покрова, термообработке, копчению, в конечном результате изделия получаются неэластичными, жестковатыми, плотными по консистенции.

Для приготовления «Холодца из морепродуктов» используется основное сырье – мясо и кожа осьминога, дополнительное – кальмар и морская капуста [4].

Продукция считается деликатесной и диетической, так как она способствует уменьшению холестерина в крови, поскольку липиды осьминога по своим свойствам близки к рыбьему жиру, а мясо осьминога содержит большое количество гликогена – легкоусвояемого белка – и массу различных жизненно-важных питательных элементов. Так, белки осьминога содержат незаменимые аминокислоты (лизин, аргинин, фенилаланин), которые не могут синтезироваться в организме человека и в необходимом количестве должны поступать с пищей; заменимые аминокислоты (цистин, глутаминовая кислота, аланин, тирозин). Осьминог богат микро- и макроэлементами: Fe, P, Ca, F, I; содержит большое количество тиамина и рибофлавина.

В коже и мясе осьминога прослеживается идентичный набор аминокислот, за исключением изолейцина (табл. 1) [5]. Поэтому целесообразно использовать не только мясо осьминога, но и кожу, массовая доля которой значительна (35-37 % к массе съедобных частей). Кожа конечностей и мантии содержит значительное количество белка (соответственно 11-14 и 4-7 %) и достаточно минерализована (1,5-2,6 %). Единственным недостатком является полное отсутствие в коже сладковато-

го вкуса, который сильно выражен в мясе конечностей и мантии, что является вкусоароматическим достоинством мяса осьминога [5].

Таблица 1  
**Аминокислотный состав осьминога, мг %**

| Аминокислота | Мясо мантии | Мясо конечностей | Кожа |
|--------------|-------------|------------------|------|
| Метионин     | 4,2         | 2,0              | 4,0  |
| Лизин        | 6,6         | 4,2              | 3,8  |
| Фенилаланин  | -           | 3,2              | 2,9  |
| Триптофан    | 1,1         | 1,0              | 0,9  |
| Валин        | 1,6         | 0,8              | 1,5  |
| Изолейцин    | 3,6         | 3,9              | -    |
| Треонин      | 6,3         | 5,4              | 5,5  |
| Лейзин       | 6,6         | 6,6              | 9,3  |

Дополнительное сырье также важно в данной технологии. Так, кальмар является полноценным белковым продуктом питания (80-90 % содержащегося в тканях азота принадлежит полноценным белкам), имеет повышенное содержание аргининового и меланинового азота; достаточно большое количество таких экстрактивных веществ, как аргинин, бетаин, туарин, инозиновая кислота, креатин, карнозин. Эти экстрактивные азотистые вещества в процессе приготовления продукта придают пикантный вкус изделию.

В мясе кальмара обнаружены витамины группы В, РР, витамин С, тиамин, рибофлавин. Особенно в нем повышено содержание минеральных веществ: K, Mg, Ca, Fe [5].

В морской капусте содержится йод, который находится как в растворимой неорганической форме, так и в составе йод-аминокислотных комплексов, что является наиболее усвояемым и физиологически доступным для организма человека и, как следствие, препятствует появлению болезней, связанных с недостатком йода. Преобладают ферменты и фитогармоны, положительно влияющие на функции желез внутренней секреции. Вкусовые качества морской капусты определяются наличием свободных аминокислот, из них особо можно выделить глутаминовую кислоту. Альгиновая кислота, содержащаяся в морской капусте, хотя и не усваивается организмом человека, но выполняет важную функцию по выведению из организма Na, радиоактивных Sr и Cd [6]. Кроме того, вследствие небольшой калорийности морская капуста может быть включена в рацион людей, склонных к полноте.

Таким образом, использование перечисленного выше сырья позволяет получить высокоценную продукцию в качестве диетического и профилактического питания для накопления в организме необходимых веществ, способствующих укреплению здоровья, повышению работоспособности человека, профилактике старения и серьезных заболеваний.

Технология приготовления деликатесного «Холодца из морепродуктов» включает в себя некоторые особенности обработки сырья, полуфабриката, которые влияют на повышение качества готового продукта, улучшение структуры мяса осьминога, что позволяет использовать кожный покров и расширить ассортимент продукции из осьминога.

Технология предусматривает разделку сырья, мойку, термообработку, перемешивание с вкусовыми и растительными добавками, овощами, специями, тушение, фасовку и упаковывание, хранение готового продукта.

Для улучшения структуры, получения мягкой, эластичной, нежной, но в то же время упругой консистенции мяса осьминога сырье после разделки и мойки в проточной воде перетирают с солью и льдом в мешалке в течение одного часа (совмещается процесс перетирания и одновременно отбивания). Такой процесс приводит к размягчению структуры мяса и выделению вязкого раствора, состоящего из воды от осьминога и солерасторимой части белка (актомиозина).

В результате образуется губчатая масса, которая при термической обработке образует гелевую структуру, уменьшает время варки (в отличие от других технологий) и способствует получению готового продукта с нежной, эластичной структурой и студнеобразной консистенцией, что резко улучшает качество продукции.

Хотя известен способ обработки осьминога, включающий натирание сырья солью [7], однако при этом структура сырья не улучшается. Данный способ лишь удаляет слизь с поверхности, после чего сырье тщательно промывается проточной водой, одновременно вымываются водорастворимые белки.

При рассматриваемом способе перемешивания осьминога с солью и льдом в мешалке (процесс нетрудоемкий) ткани размягчаются (как после отбивания). После чего сырье не промывается водой, а сразу поступает на варку в кипящей воде (соотношение воды и осьминога 3:1, продолжительность варки 10-20 мин в зависимости от размеров сырья), что позволяет сохранить водорастворимые белки и тем самым повысить пищевую ценность готового продукта. Этот прием способствует сохранению белка в тканях, так как в ходе жесткого перетирания осьминога с солью («солевой окож») часть белка денатурируется, в результате образуется оболочка, которая предотвращает вымывание белков и способствует удерживанию белка в сырье и, следовательно, повышает пищевую ценность готового продукта.

Одновременно в процессе перетирания осьминога с солью и льдом образуется вязкий раствор – губчатая масса, которая не промывается водой перед бланшированием, а сразу поступает на варку, что позволяет сохранить ценный легкоусваиваемый белок – гликоген. А вареный осьминог становится мягким, сочным с нежноэластичной воздушной структурой.

После бланширования продукт резко охлаждают в чистой воде или потоком холодного воздуха, снимают кожный покров. Мясо и кожу варенного осьминога нарезают на кусочки приблизительно равных неболь-

ших размеров вручную. Для улучшения качества продукции рекомендуется кожу измельчать на мясорубке или в куттере.

Допускается вареную и измельченную кожу осьминога обжаривать в растительном масле при температуре до 170 °С в течение одной минуты, затем дать стечь излишкам масла. Тем самым кожа осьминога приобретает необычный приятный вкус, напоминающий трепанга, и увеличивается желирующая способность продукта.

В подготовленное мясо и кожу осьминога необходимо внести вкусовые и растительные добавки, специи (перец черный, красный, душистый, паприка, мускатный орех), термически обработанные овощи и все тщательно перемешать. Добавляем вареные полуфабрикаты: кальмар (тушка или щупальца измельченные) и морскую капусту, которая предварительно маринуется в сладко-уксусном маринаде. Рецептура приготовления кулинарного продукта из осьминога указана в табл. 2.

Таблица 2  
Рецептура приготовления «Холодца из морепродуктов»  
(на 100 кг готового продукта), кг

| Компонент                             | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Кожа осьминога вареная                | 47,0      | 43,0      | -         |
| Кожа осьминога жареная                | -         | -         | 48,8      |
| Мясо осьминога вареное                | 5,0       | 10,0      | -         |
| Кальмар вареный                       | 16,5      | 15,6      | 18,0      |
| Морская капуста маринованная          | 12,6      | 13,0      | 12,1      |
| Морковь бланшированная                | -         | 3,7       | -         |
| Морковь пассированная                 | 2,2       | -         | 3,0       |
| Лук репчатый бланшированный           | -         | 2,8       | -         |
| Лук репчатый пассированый             | 4,0       | -         | 2,7       |
| Чеснок свежий                         | -         | -         | 0,7       |
| Томатная паста                        | 3,0       | 2,5       | 3,4       |
| Соевый соус                           | 3,0       | 2,0       | 2,1       |
| Соль поваренная пищевая сорт «Экстра» | 0,7       | 0,7       | 0,6       |
| Сахар                                 | 2,3       | 4,0       | 3,5       |
| Глютаминат натрия                     | 0,64      | 0,7       | 0,6       |
| Специи                                | 0,06      | 0,5       | 0,5       |
| Масло растительное                    | 3,0       | 1,5       | 4,0       |

Для усиления студнеобразующих свойств, полученных в результате обработки мяса и кожи осьминога, добавления морской капусты, способствующей образованию желе, упругой консистенции изделия, полученную массу тушим, периодически перемешивая ингредиенты, при температуре до 100 °С в течение 10 мин, но не более. Полученный продукт в горячем виде фасуем в тару или порционную упаковку, направляем на охлаждение

при температуре от 0 °С до +5 °С в течение четырех часов, во время чего продукт застывает и образуется студень, готовый к употреблению.

«Холодец из морепродуктов» имеет приятный вкус, запах и студнеобразующую консистенцию. Кусочки мяса и кожи осьминога эластичные, мягкие, сочные, по внешним характеристикам и вкусовым показателям напоминают вкус трепанга.

В результате получается деликатесный высокоценный кулинарный продукт со своеобразным пикантным вкусом и в желированном виде без использования желирующих веществ (агар-агара, желатина и т.д.).

Данный продукт содержит большое количество питательных веществ, полезных для организма человека, позволяет расширить ассортимент изделий из осьминога с использованием не только мяса, но и кожи осьминога, что особенно важно при обработке по данной технологии.

### **Библиографический список**

1. Изготовление кальмара и осьминога горячего копчения. ТИ № 508-98 к ТУ 15-01 1692-98. 1998.
2. Осьминог деликатесный (копченый). ТИ № 020-99 к ТУ 9266-020-00471515-99. 1999.
3. Сборник ТИ по производству рыбных консервов и пресервов. Л., 1989. Части 3, 4, 5. 248 с.
4. Пат. № 2289960. Способ приготовления деликатесного осьминога / Васильев А.И., Костейчук Т.В., Кучеренко Н.А. Бюл. № 36. 2006.
5. Швидкая З.П. Технология и химия консервов из нерыбных объектов промысла дальневосточного бассейна. Владивосток: ТИНРО, 1998. 117 с.
6. Сафонова Т.М. Сырье и материалы рыбной промышленности. М.: Агропромиздат, 1991. 191 с.
7. Кизеветтер И.В. Лов и обработка промысловых беспозвоночных дальневосточных морей. Владивосток: Приморское книжное изд-во, 1962. 224 с.

УДК 664.951

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ СУШКИ ГРЕБЕШКА ПРИМОРСКОГО (PECTEN JESSEOENSIS)**

**Э.Н. Ким; Е.П. Лаптева; Е.Ю. Климова, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Представлены результаты исследования процесса вакуумной сушки гребешка. Даны рекомендации по параметрам процесса сушки.*

Наиболее важными задачами в области производства пищевых продуктов являются разработка и внедрение прогрессивных технологий, обеспечивающих выпуск высококачественной продукции из гидробионтов.

Водные биологические ресурсы являются одним из основных источников высококачественного сырья, содержащего необходимые ингредиенты для питания человека, в том числе комплекс незаменимых аминокислот.

Для получения пищевой продукции используются различные способы и технологии переработки сырья, широко используемым способом является сушка. Обычно гидробионты сушат при атмосферном давлении на воздухе или в специальных сушильных установках. Рыба и морские моллюски, высушенные на воздухе, имеют лучшие вкусовые качества, чем высушенные в установках. Это объясняется тем, что тепловая обработка оказывает негативное воздействие на функциональные и органолептические свойства гидробионтов, при этом увеличиваются потери белковых и биологически активных веществ, снижаются пищевая ценность и качество готовой продукции.

Устранение многих недостатков возможно при использовании новых методов сушки. Перспективным направлением является обработка гидробионтов с использованием вакуума.

При вакуумной сушке удаление влаги осуществляется испарением при температуре объекта сушки 10–25 °С. Преимуществами вакуумной сушки являются меньшие удельные затраты на удаление влаги, отсутствие этапа предварительного замораживания, более простое аппаратурное оформление процесса. Качество продуктов после вакуумного высушивания существенно превышает уровень качественных показателей после традиционной сушки.

Вопросами теории и совершенствования техники и технологии сушки пищевых продуктов занимались такие учёные, как Н.А. Воскресенский, И.Н. Кизеветтер, А.С. Гинзбург, А.В. Лыков, В.И. Базилевич, Б.Н. Никитин.

Однако все эти работы были посвящены сушке рыб различных пород, головоногих моллюсков, водорослей. В то же время наиболее перспективным объектом переработки в современных условиях на Дальнем Востоке является гребешок

Морской гребешок – это двустворчатый моллюск семейства *Pectinacea*. Съедобные части гребешка – мускул-замыкатель и мантия. Именно там содержатся все полезные вещества. Морской гребешок – это диетический морепродукт – с высоким содержанием белка, низкокалорийный, нежирный продукт с малым содержанием углеводов и очень большим количеством усваиваемых организмом минералов – йода, фосфора, магния, железа, меди, марганца, цинка, кобальта и др. [1].

Для пищи могут быть использованы следующие части гребешка: в первую очередь, мускул, губа гребешка для фаршей и паштетов, отходами являются печень, жабры и внутренности.

В производственных условиях из гребешка готовят консервы, варено-сушёное мясо, сушёное мясо, а также выпускают гребешок в мо-

роженом виде, из которого можно готовить кулинарные блюда в сети общественного питания и домашних условиях.

Сушёный гребешок является деликатесной продукцией. Традиционным способом сушки является конвективная сушка, но для сушки гребешка этот традиционный способ неприемлем, так как низкая скорость сушки не позволяет обеспечивать высокое качество пищевых продуктов. Исходя из этого цель проведенных исследований – исследование процесса вакуумной сушки гребешка.

В качестве объекта исследования был взят гребешок, выращенный в условиях научно-экспериментального центра марикультуры Дальрыбвтуза.

Для реализации предложенного способа вакуумной сушки была изготовлена экспериментальная установка, которая позволяет удалять влагу из объекта при определённых температуре и степени разрежения. Система автоматики позволяет поддерживать вакуум и температуру автоматически.

Вакуум-сушильная установка представляет собой сушильную камеру, в которой размещены противни. Высушиваемый продукт размещается на этих противнях. Во время работы камеры крышка, закрывающая загрузочное отверстие камеры, герметически закрыта и соединена с установкой для создания вакуума ресивером – вакуумным насосом. На верхней крышке вакуум-сушильной установки расположены вакуумметр, рычаг для регулировки вакуума и рычаг для регулировки воздуха, датчик температуры.

Анализируемые образцы мускула гребешка подвергали мойке, стечке, посолу ( $C_{NaCl} = 7\%$ ), сушке. Для установления закономерностей процесса сушки при различных температурах ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и вакууме (минус 40 кПа, 75 кПа, 110 кПа) в соответствии с выбранным математическим планом эксперимента был изготовлен ряд образцов, которые подвергали сенсорной оценке по специально разработанной для этих целей балльной шкале. График зависимости влажности готового продукта от продолжительности и температуры сушки представлен на рис. 1.

В результате исследований было установлено, что существует зависимость изменения качества гребешка от температуры. Наиболее высокую оценку получили образцы, высушенные при температуре  $30\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , органолептическая оценка составила 18-19 баллов. Также было установлено, что процесс вакуумной сушки проходит интенсивнее при увеличении вакуума, так при вакууме 40 кПа продолжительность сушки – 7 часов, при 75 кПа – 5 часов, а при 110 кПа – 4 часа, но качество образцов в последнем варианте было намного ниже, чем в первом и во втором. Так образцы, высушенные при вакууме 110 кПа, получили оценку 12,5 баллов.

Графическая обработка экспериментальных данных, позволяющая представить кривую изменения обобщённого показателя органолептической оценки от температуры сушки, приведена на рис. 2.

График зависимости влажности готового продукта от продолжительности и вакуума сушки представлен на рис. 3.

Графическая обработка экспериментальных данных, позволяющая представить кривую изменения обобщённого показателя органолептической оценки от вакуума сушки, приведена на рис. 4.

Таким образом, можно рекомендовать вакуумную сушку гребешка проводить при температуре 30-35 °С и вакууме 40-75 кПа. Сушка мускула гребешка при таких условиях позволяет исключить тепловую денатурацию белка мускула, предотвратить микробиальную порчу сырья в процессе сушки. Относительно высокий вакуум обеспечивает более короткий период сушки. При этом отсутствуют механические повреждения мускула, вызванные его деформацией за счёт резкого удаления влаги.

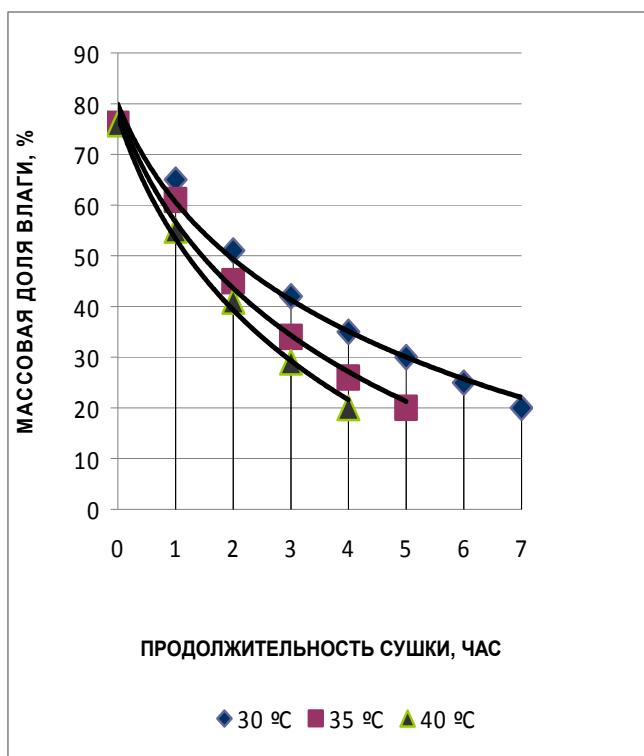


Рис. 1. График зависимости влажности готового продукта от продолжительности и температуры сушки

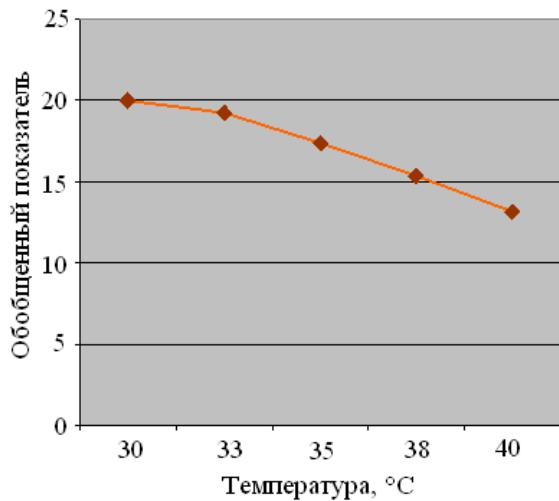


Рис. 2. Графическая обработка органолептических показателей

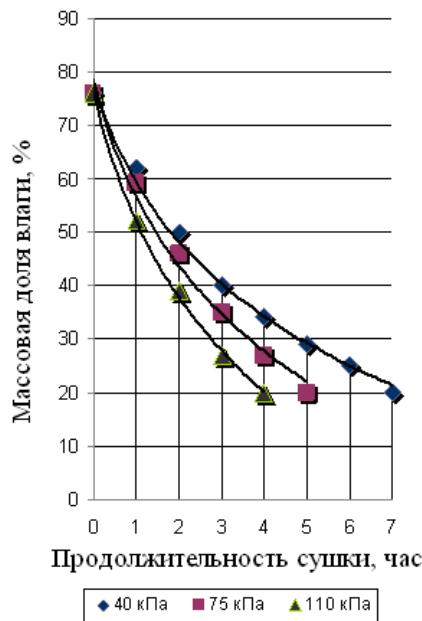


Рис. 3. График зависимости влажности готового продукта от продолжительности и вакуума сушки

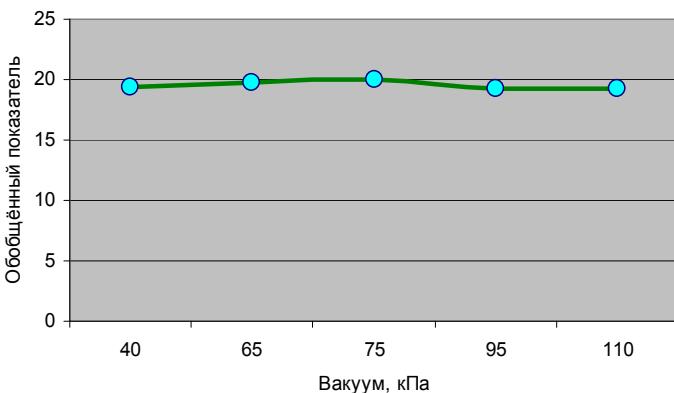


Рис. 4. Зависимость органолептической оценки сущеного продукта от величины вакуума в сушильной камере

### **Библиографический список**

1. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / Под ред. В.П. Быкова. М.: ВНИРО, 1999. 262 с.
2. Ким Э.Н., Лаптёва Е.П., Климова Е.Ю. Исследование процесса сушки гидробионтов / Исследования Мирового океана: Матер. Междунар. науч. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. С. 616.

УДК 664:579.67

### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫРЬЯ И ПРОДУКЦИИ ИЗ КРЕВЕТОК (*SCLEROGRANGON SALEBROSA*) ЯПОНСКОГО МОРЯ**

**Л.Ю. Лаженцева, Дальрыбвтуз; Л.В. Шульгина,  
ТИНРО-Центр, Владивосток**

Установлено присутствие санитарно-показательной, гнилостной, условно-патогенной и патогенной микрофлоры в свежедобытой креветке (*Sclerocrandon salebrosa*) и вареной продукции из неё. Выявлена причина вторичного обсеменения получаемой вареной продукции из креветок, которая связана с использованием забортной морской воды. Исследованы влияние остаточной микрофлоры вареной продукции из креветок на кинетику накопления азота летучих оснований, процессы ферментативного разложения макронутриентов продукции. Рекомендованы мероприятия по снижению бактериального риска.

В России, как и в других странах мира, существует высокий риск загрязнения продовольственного сырья и пищевых продуктов чужеродными веществами и контаминантами, но наиболее основными являются микроорганизмы.

Наиболее неблагоприятными в микробиологическом отношении являются продукты из объектов прибрежного лова. Добыча разнообразных морских ресурсов, многие из которых являются дорогостоящими, позволяет значительно поднять экономические показатели рыбного хозяйства в регионе, расширить ассортимент продукции, повысить коэффициент использования сырья, внедрить безотходные технологии. Одними из деликатесных морских объектов прибрежного лова являются креветки – *Sclerocrandon salebrosa* из семейства *Crangonidae*, из которых в основном производят охлажденные или мороженые продукты. Наибольшим спросом такая продукция из креветок пользуется в теплый период года.

Вместе с тем данное сырье наравне с прибрежными акваториями характеризуется интенсивным загрязнением веществами, нарушающими водный экобаланс морской среды. Наиболее загрязняющими веществами при этом являются органические, доля которых составляет не менее 30 % (Огородникова, 2001). Данная ситуация создает благоприятные условия для сохранения и развития автохтонной и аллохтонной микрофлоры, которая представлена санитарно-показательными и условно-патогенными формами, возбудителями инфекционных заболеваний. Так, на Дальнем Востоке и в других регионах России в результате использования в пищу продуктов из объектов прибрежного рыболовства отмечаются случаи галофилеза (Тарасенко Т.Т. и др., 1999), имеется риск заболевания листериозом (Мухина, 2007; Тартаковский и др., 2002), вспышки токсикоинфекций невыявленной этиологии и др. (Иванова и др., 1999).

Цели настоящих исследований: проведение комплексных микробиологических исследований креветок, выловленных и заготовленных в Японском море, и анализ возможного бактериального риска при использовании продукции из них в питании человека.

Исследования проводили в период промысла креветок в прибрежной полосе Японского моря. Отбор и подготовку проб к анализу проводили согласно ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа», ГОСТ 26669-85 «Пищевые и вкусовые продукты. Подготовка проб для микробиологических анализов». Анализ образцов проводили в соответствии с Инструкцией по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных № 5219-91, утвержденной МРХ СССР 18.11.1990 г.

Охлажденную продукцию для анализа использовали через 3 часа после вылова и хранения во льду. Вареную продукцию анализировали после варки в кипящей воде в течение 10 мин и охлаждения. Варено-мороженую продукцию из креветок исследовали через 24-72 часа после замораживания, а также в процессе хранения.

Всего было исследовано 112 образцов свежей креветки, 66 – вареной и охлажденной и 35 – фасованной.

Результаты исследований общей численности микроорганизмов в живых и охлажденных креветках, в вареной и варено-мороженой продукции, а также частота выявления в последних санитарно-показательных, потенциально-патогенных и облигатно-патогенных бактерий приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Санитарно-микробиологическая характеристика  
креветок и продукции из них ( $P_{0,95}$ )

| Этап обработки               | Бактериологические показатели |                                    |  |   |  |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|---|--|
|                              | МАФАнМ,<br>КОЕ/г              | Процент проб, в которых обнаружены |  |   |  |
|                              |                               | БГКП,<br>клеток<br>в 1 г           | бактерии<br>р. <i>Proteus</i> ,<br>в 1 г | бактерии<br>р. <i>Clostridium</i> , в 1 г | <i>Vibrio para-</i><br><i>haemolyticus</i> , в 1 г |
| После вылова                 | $(6,9 \pm 0,7) \times 10^3$   | $22,3 \pm 0,6$                     | $5,5 \pm 1,4$                            | $3,6 \pm 0,8$                             | $5,4 \pm 0,9$                                      |
| После варки                  | $(1,2 \pm 0,4) \times 10^2$   | не выявлены                        | не выявлены                              | $3,2 \pm 0,7$                             | не выявлены  |
| После охлаждения и фасования | $(5,3 \pm 0,6) \times 10^3$   | $5,7 \pm 1,2$                      | $2,8 \pm 0,4$                            | $5,7 \pm 1,2$                             | $2,8 \pm 0,4$                                      |

Примечание. БГКП – бактерии группы кишечных палочек.

Как видно, выловленная креветка по показателю общего числа микроорганизмов соответствует требованиям СанПин 2.3.2.1078-01. Вместе с тем в контролируемой навеске свежей креветки в  $22,3 \pm 0,6$  % случаев присутствовали санитарно-показательные (БГКП) и в  $5,5 \pm 1,4$  % – гнилостные формы (бактерии р. *Proteus*). Возбудители порчи продукции и заболеваний человека были представлены бактериями рода *Clostridium* ( $3,6 \pm 0,8$  %) и *Vibrio parahaemolyticus* ( $5,4 \pm 0,9$  %). Патогенных микроорганизмов, таких, как *S. aureus* и сальмонелл, не было выявлено. В 7 случаях были выделены листерии, среди которых один штамм в НИИ микробиологии и эпидемиологии СО РАМН был идентифицирован как *Listeria monocytogenes*.

Процесс варки, несмотря на непродолжительность процесса (10 мин при температуре 95–100 °C), значительно снижает численность микроорганизмов в объекте. После термической обработки неспоровые микроорганизмы в вареных креветках отсутствовали. Сульфитредуцирующие клостридины после варки оставались жизнеспособными в вареной продукции, так как термообработка креветок является недостаточной для ингибирования споровых микроорганизмов.

В результате охлаждения забортной морской водой и фасования перед замораживанием происходит вторичное обсеменение микроор-

ганизмами вареной продукции из креветок. Численность микроорганизмов в 1 г продукта была приближена к обсемененности и не превышала допустимых значений. В фасованной продукции в  $2,8 \pm 0,4 - 5,7 \pm 1,2$  % случаев присутствовали санитарно-показательные микроорганизмы (БГКП), гнилостные (протеи), условно-патогенные (сульфитредуцирующие клостридии) и патогенные формы (*Vibrio parahaemolyticus*).

Источником вторичного обсеменения вареной продукции из креветок является морская вода, которая используется для охлаждения вареной креветки. Применение в технологических целях морской забортной воды разрешается, и она, как правило, используется на промысловых судах при отсутствии достаточного количества пресной воды. Вместе с тем вода в прибрежных районах характеризуется повышенным микробным обсеменением. Собственные микробиологические исследования морской воды, отобранный на глубине 30-50 см от поверхности в местах обитания и переработки креветок, показали, что количество микроорганизмов в 1 см<sup>3</sup> воды в период их промысла составляло  $(1,6 \pm 0,4) \times 10^3$  клеток. Около 80 % от общего числа микроорганизмов морской воды составляли психротрофные виды, т.е. способные активно развиваться при температуре окружающей среды от 15 до 30 °C. Коли-титр морской воды не превышал 40, что указывает на постоянное поступление в воду с побережья или плавающих средств бытовых стоков. Бактерии рода *Proteus* в морской воде были обнаружены в пробах, составляющих не более 2 % от всех исследованных. Сульфитредуцирующих клостридий в воде не обнаруживалось. *V.parahaemolyticus* выявлены в объеме 10 см<sup>3</sup> морской воды в 8,0 % случаев исследованных проб.

Таксономическая принадлежность выделенных микроорганизмов, формирующих в основном микроценозы креветок, отличалась большим разнообразием. Наиболее массовые группы микроорганизмов, обсеменяющие креветку-сырец, присутствовали в морской воде в местах их обитания и промысла (табл. 2).

Таблица 2  
Качественный состав бактерий креветок и морской воды  
в местах промысла

| Род                    | Число штаммов, %, выделенных из |                |
|------------------------|---------------------------------|----------------|
|                        | креветок                        | морской воды   |
| <i>Pseudomonas</i>     | $20,1 \pm 6,6$                  | $16,1 \pm 6,2$ |
| <i>Achromobacter</i>   | $19,3 \pm 4,8$                  | $15,1 \pm 4,8$ |
| <i>Bacillus</i>        | $16,2 \pm 6,7$                  | $17,6 \pm 5,7$ |
| <i>Flavobacterium</i>  | $15,5 \pm 4,2$                  | $12,8 \pm 3,5$ |
| <i>Micrococcus</i>     | $10,2 \pm 3,5$                  | $13,4 \pm 3,8$ |
| <i>Corinebacterium</i> | $8,9 \pm 2,5$                   | $11,1 \pm 3,2$ |
| Прочие                 | $9,8 \pm 4,4$                   | $13,9 \pm 4,0$ |

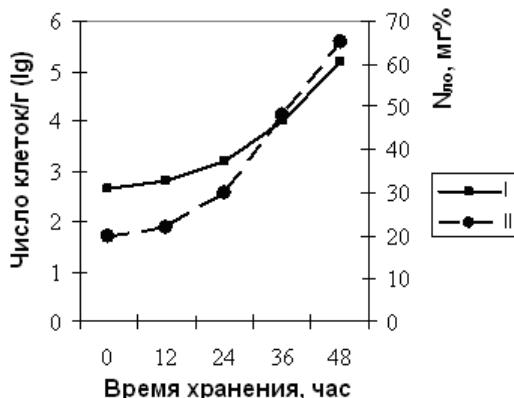
Самые многочисленные группы микроорганизмов, присутствующие в морской воде и обсеменяющие креветки, включали представителей родов, характеризующихся высокой степенью развития и выраженной биохимической активностью (Шульгина и др., 1995). При благоприятных условиях они способны вызывать быструю порчу на органических субстратах в результате разрушения структуры, газообразования, появления гнилостного запаха. Бактерии рода *Bacillus* являются спорообразующими формами, способными переносить значительную температурную обработку и оставаться активными.

Одной из массовых групп являются бактерии рода *Micrococcus*, однако функциональное значение этих микроорганизмов не ясно до сих пор.

К группе «Прочие» были отнесены представители таких родов, как *Arthrobacter*, *Aeromonas*, *Planococcus*, *Photobacterium*, *Vibrio* и другие, которые также способны быстро развиваться на органических субстратах при пониженных температурах.

Для подтверждения влияния микроорганизмов, контактирующих креветки в процессе добычи и переработки, на качество готовой продукции нами проведены исследования по определению скорости развития психрофильных микроорганизмов и накоплению продуктов микробной деградации белков, в частности азота летучих оснований  $N_{ло}$ .

На рисунке показана кинетика развития микроорганизмов и накопления  $N_{ло}$  в вареной и охлажденной продукции из креветок.



Динамика роста микроорганизмов (I) и накопления  $N_{ло}$  (II) в вареной и охлажденной креветке в процессе хранения при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$

Результаты проведенных исследований показали, что при хранении вареной и охлажденной креветки как при температуре +2 °C, так и при -5 °C микроорганизмы активно развивались в мышечной ткани, что сопровождалось накоплением небелковых азотистых соединений. Интенсивное развитие микроорганизмов обеспечивается за счет активизации метаболических процессов в результате высокой доступности необходимых для конструктивного и энергетического обмена клеток питательных ингредиентов из денатурированных объектов.

Известно, что разрушение органических субстратов и их утилизация обусловлены наличием у бактерий комплекса ферментов. В этой связи мы считали необходимым изучить метаболические реакции у преобладающей группы микроорганизмов, выделенных из креветки и морской среды.

Важными показателями способности бактерий разрушать органические субстраты являются утилизация аминокислот и образование конечных продуктов распада, одним из которых является аммиак. Для оценки протеолитической активности определяли желатиназную, альбуминазную и казеинолитическую активность у выделенных штаммов. Последним этапом превращений азотистых веществ под действием микроорганизмов является денитрификация – нитраты восстанавливаются в нитриты, высвобождая аммиак. Поэтому также была изучена способность бактерий к ассимиляционному восстановлению нитритов. Для оценки способности разрушать углеводные соединения были исследованы амилазолитические свойства изолированных штаммов. Результаты проведенных исследований показали выраженную биохимическую активность микроорганизмов, выделенных из морской воды и обитающих в ней гидробионтов разных районов промысла (табл. 3).

Таблица 3

**Биологическая активность микроорганизмов из воды  
и морских объектов**

| Активность        | Число штаммов, проявивших активность, %, $M \pm m$ при $P_{0,95}$ |
|-------------------|---|
| Протеолитическая  | 83,7 ± 5,1  |
| Аммонифицирующая  | 98,9 ± 7,1  |
| Денитрифицирующая | 69,9 ± 6,3  |
| Амилазная         | 37,8 ± 2,9  |
| Липолитическая    | 26,5 ± 4,1  |

Наибольшей аммонифицирующей активностью и способностью утилизировать аминокислоты характеризовались наиболее массовые группы микроорганизмов морской среды – *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*. Способность микроорганизмов быстро развиваться в условиях добычи и производства продукции, а также многообразие их метаболических реакций обеспечивают гидролитические про-

цессы в мышечной ткани ракообразных, даже в том случае, когда собственные ферменты объектов инактивированы различными технологическими приемами. Это, в свою очередь, приводит к накоплению продуктов микробного метаболизма, гидролиза органических компонентов в сырье, полуфабрикатах и готовой продукции, что обуславливает проявление пороков и снижение качества на этапах обработки и в процессе хранения продукции из креветок.

Таким образом, на основании результатов проведенных микробиологических исследований сделаны следующие выводы.

Продукция из варено-мороженых креветок, выпавляемых в Японском море, не исключает наличия микроорганизмов, представляющих показатели безопасности. Вареные креветки, охлаждаемые забортной морской водой, характеризуются повышенным обсеменением микроорганизмов с высокой скоростью развития и биохимической активностью, что обуславливает при хранении в охлажденном виде быстрые гидролитические микробные процессы, накопление соединений деградации белков и снижение качества продуктов.

Для снижения микробной обсемененности готовой продукции и получения безопасной продукции охлаждение креветок после варки необходимо осуществлять только пресной водой или морской, по микробиологическим показателям соответствующей ГОСТ «Вода питьевая», а продолжительность хранения в охлажденном виде не должна превышать 12 ч.

### Библиографический список

1. Иванова Е.Е., Студенцова Н.А., Чехомов М.Л., Гранатюк С.А. Качество и безопасность рыбы и рыбных продуктов // Пищевая технология. 1999. № 5-6. С. 104-105.
2. Мухина Л.Б., Борисовская Э.Н., Аношкина И.Е. и др. Изучение качества рыбного сырья по микробиологическим показателям // Рыб. хоз-во. 1997. № 4. С. 51-52.
3. Огородникова А.А. Эколо-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. 193 с.
4. Тарасенко Т.Т., Грушина Г.А., Воронок В.М., Хоменко Т.В. Пищевые токсикоинфекции, вызываемые галофильными вибрионами, в г. Владивостоке: эпидемическая характеристика // Микробиология. 1999. № 2. С. 36-39.
5. Тартаковский И.С., Малеев В.В., Ермолаева С.А. Листерии: роль в инфекционной патологии человека и лабораторная диагностика. М.: Медицина для всех, 2002. 200 с.
6. Шульгина Л.В., Загородная Г.И., Шульгин Ю.П. и др. Микрофлора дальневосточных морей и её влияние на продукцию из промысловых гидробионтов // Гигиена и санитария. 1995. № 1. С. 14-16.

## ПРОИЗВОДСТВО МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ ФИРМЫ ООО «СКИТ» И АНАЛИЗ ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

**М.С. Литвиненко; Л.В. Кучеренко, Дальрыбвуз; Р.В. Антильев,  
ООО «Скит», Владивосток**

*В работе сделан анализ технического состояния оборудования фирмы ООО «Скит» по добыче минеральной воды. Приведен результат определения химического состава минеральной и природной воды.*

Вода – основа жизни на нашей планете. Качество потребляемой воды является определяющим фактором здоровья, влияет на долголетие человека.

Здоровый образ жизни – это тенденция, на которую ориентируется все более широкие слои населения России. Такая жизненная позиция наряду с занятием спортом включает и здоровое питание – основную физиологическую потребность человека, что подразумевает употребление в пищу продуктов, в том числе и напитков, богатых витаминами, микроэлементами, минеральными и другими веществами. Такое питание приводит к улучшению обмена веществ в организме, оказывает легкий тонизирующий эффект.

Нами проведены научные исследования условий добычи минеральной и природной воды в Кировском районе Приморского края. Приведены результаты исследования состава и качества природной и минеральной воды фирмы «Скит», поступающей в торговую сеть.

Фирма ООО «СКИТ» уже более 10 лет поставляет на российский рынок экологически чистую минеральную воду – газированную и негазированную, столовую и лечебно-столовую. Завод «СКИТ» расположен в п. Горные Ключи. Производство находится в непосредственной близости от источников, что позволяет сократить время контакта воды с внешней средой. Завод «СКИТ» производит воды «Монастырская», «Курортная» месторождения Шмаковского и разные напитки.

Минеральная вода «Монастырская» – натуральная вода природной минерализации, сбалансирована по содержанию микроэлементов и не нуждается в искусственном насыщении минералами, их оптимальное количество способствует улучшению обмена веществ и повышению иммунитета. Место добычи минеральной воды «Монастырская» является гарантией ее чистоты и качества. Воду для розлива добывают из скважин № 14546А и № 37107 Глазовского месторождения на глубине более 100 м. Район водозабора расположен в холмистой местности Западного Приморья вблизи от комплекса Шмаковского курорта. На основе минеральной воды Глазовского месторождения на предприятии выпускается более 20 видов безалкогольных напитков. Торговая марка напитков серии «Монастырский» хорошо известна потребителям Дальнего

невосточного региона. Проверенное временем качество продукта, высокий уровень вкусовых свойств и физиологическая полноценность – вот причины, по которым выбирают безалкогольные напитки «Монастырские». Все производимые напитки имеют неповторимый вкус благодаря гармонично подобранному сырью, натуральным ароматизаторам и мягкой воде с природной минерализацией (важно подчеркнуть, что напитки приготовлены на минеральной воде). При этом изготовление напитков осуществляется по современным технологиям с использованием высококачественного сырья ведущих мировых фирм, таких, как «DOHLER». Поликомпонентный концентрат в составе напитков сочетается с углеводной основой (сахар), органической кислотой (лимонной, аскорбиновой, винной) и ароматизатором, в том числе и натуральным (настоями цитрусовыми и из пряно-ароматического сырья).

Такое сочетание обеспечивает формирование в напитках индивидуальных, гармоничных и пикантных вкусоароматических ощущений. Более половины энергии, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма, человек получает с углеводами, в том числе легкоусвояемыми. Углеводы имеют важное значение для деятельности мышц, нервной системы, сердца, печени и других органов. Они занимают значимое место в процессах обмена веществ, необходимы для нормального усвоения жиров. При умственной занятости людей количество потребляемого сахара должно составлять 15 % от общего суточного количества углеводов (297 г). В напитках «Монастырский» содержание углеводов составляет 41-44 г/л, потому что они приготовлены с применением сахара.

В процессах обмена веществ необходимы различные минеральные вещества, их наличие в напитках «Монастырский» обеспечивает минеральная столовая вода, в которой присутствуют гидрокарбонаты, кальций, магний, натрий, калий и множество других веществ (300-500 мг/л).

Углекислый газ также важная составная часть напитков, способствующая повышению их сенсорных веществ, тонизирует, подавляет нервную раздражительность, способствует усилению притока крови в мышечные ткани, мозг, к сердечной мышце, в легкие и почки. Кроме того, напитки с использованием концентратов и ароматизаторов (натуральных и идентичных натуральным) способствуют созданию комфорtnого состояния организма, вызывают ощущение свежести, прекрасно утоляют жажду.

Минеральная вода «Курортная» – натуральная лечебно-столовая вода естественной, природной минерализации, добывается из скважины № 15-70 Медвежьего участка Шмаковского месторождения углекислых минеральных вод с глубины порядка 200 м. Район водозабора расположен в 6 км от комплекса Шмаковских курортов. Благодаря удаленности района от крупных промышленных центров и населенных пунктов источники региона отличаются природной чистотой, не подвержены влиянию окружающей среды, уникальный химический состав не изменен с первого дня эксплуатации скважин, токсичные микроэлементы не

обнаружены. Вода «Курортная» по химическому составу является углекислой, гидрокарбонатной, магниево-кальциевой, кремнистой. По сравнению с уже известными в регионе лечебно-столовыми водами других участков Шмаковского месторождения, такими, как «Шмаковская» и «Курорт Шмаковка», вода «Курортная» имеет более высокую минерализацию (1,0-2,5 г/л), содержит большое количество растворенного природного углекислого газа (2,7-3,1 г/л).

Среди минеральных вод особую ценность имеют воды, содержащие гидрокарбонат ( $\text{HCO}_3$ ), в лечебно-столовой воде «Курортная» его содержание составляет 1000-1600 мг/л.

Гидрокарбонат-ион играет большую роль в поддержании кислотно-основного баланса, нормализует двигательную и секреторную функции желудочно-кишечного тракта, способствует снижению диспептических расстройств. Калий и кальций являются составными частями клетки и внеклеточной среды, кроме того, кальций, попадая с минеральной водой в организм, усиливает сократительную силу сердечной мышцы, активирует ряд ферментов, повышает устойчивость организма к инфекциям, обладает противовоспалительным действием, влияет на рост костей. Лечебное значение магния очень важно при заболеваниях печени и желчевыводящих путей, а также способствует снижению уровня холестерина в крови, при этом благотворно влияет на нервную систему. Углекислый газ не менее важная составная часть лечебно-столовой воды «Курортная», что подтверждено заключением Дальневосточного научно-исследовательского центра медицинских наук, согласно которому минеральная лечебно-столовая вода «Курортная» может применяться при профилактике и лечении органов пищеварения: язвенной болезни желудка, двенадцатиперстной кишки, заболеваний желчевыводящих путей, хроническом панкреатите, хроническом гепатите, хроническом колите, заболевании мочевыводящих путей, болезни обмена веществ. Кроме того, обладая бальнеологическими активными компонентами вода (скважина № 15-70) рекомендована для использования в лечебно-профилактических целях наружно при болезни сердечно-сосудистой, нервной системы, болезни органов дыхания нетуберкулезного характера.

Минеральная лечебно-столовая вода «Курортная» – это еще один новый вид продукции. Популярность продукции ООО «СКИТ» обусловлена не только солидным стажем конкурентоспособности, но и качеством продукции благодаря полной автоматизации производства и современному оборудованию ведущих фирм Италии и Германии. Кроме того, продукция проходит строгий контроль на всех стадиях производства, что позволяет сохранить все полезные для здоровья минералы и микроэлементы и гарантировать высокое качество и безопасность.

В таблицах 1-3 представлены результаты анализов химического состава воды природной № 323/3 от 15 октября 2007 г.

Таблица 1  
Обобщенные показатели

| Показатель                                    | Результат анализа | Погрешность | Шифр методики          |
|---|-------------------|-------------|------------------------|
| Цветность, градус                             | 5,00              | 1,68        | ПНДФ 14.1:2:4.207-04   |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>                  | 0,600             | 0,052       | ГОСТ 3351-74           |
| pH, ед. pH                                    | 6,51              | 0,10        | ПНДФ 14.1:2:3:4.121-95 |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>             | 1200              | 91          | ПНДФ 14.1:2.114-97     |
| Жесткость, Ж°                                 | 21,50             | 1,62        | ГОСТ Р 52407-2005      |
| Сумма минеральных веществ, мг/дм <sup>3</sup> | 1829,5            | -           | -                      |
| Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>             | 0,0150            | 0,0082      | ПНДФ 14.1:2:4.128-98   |
| АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>                      | <0,025            | -           | ПНДФ 14.1:2:4.158-2000 |
| Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>                    | <0,0005           | -           | ПНДФ 14.1:2:4.117-97   |
| Si, мг/дм <sup>3</sup>                        | 39,66             | 1,54        | РД 52.24.432-95        |
| Окисление перманганатом, мгО/дм <sup>3</sup>  | 0,88              | 0,15        | ПНДФ 14.1:2:4.154-99   |

Таблица 2  
Макрокомпоненты

| Компонент       | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> | Содержание, мг-экв/дм <sup>3</sup> | Содержание % мг-экв/дм <sup>3</sup> | Погрешность, мг/дм <sup>3</sup> | Шифр методики        |
|-----------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Na              | 29,09                          | 1,27                               | 6                                   | 3,66                            | ПНДФ 14.1:2:4.207-04 |
| K               | 32,01                          | 0,070                              | -                                   | 0,29                            | ПНДФ 14.1:2:4.138.9  |
| Ca              | 270,54                         | 13,50                              | 59                                  | 25,0                            | ПНДФ 14.1:2:95-97    |
| Mg              | 97,28                          | 8,00                               | 35                                  | 8,17                            | ГОСТР 51309-99       |
| NH <sub>4</sub> | 0,32                           | 0,020                              | -                                   | 0,056                           | ПНДФ 14.1:2.50-96    |
| Fe(II)          | <0,05                          | -                                  | -                                   | -                               | ПНДФ 14.1:2.50-96    |
| Fe(II)          | 1,47                           | 0,080                              | -                                   | 0,18                            | ПНДФ 14.1:2.50-96    |
| Итого           | 401,62                         | 22,94                              | 100                                 | -                               | -                    |

Таблица 3  
Микрокомпоненты

| Компонент | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> | Погрешность, мг/дм <sup>3</sup> | Шифр методики          |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1         | 2                              | 3                               | 4                      |
| Al        | 0,045                          | 0,011                           | ПНДФ 14.1:2:4.122-2000 |
| Ba        | 0,0210                         | 0,0037                          | ГОСТ Р 51309-99        |
| Be        | 0,00190                        | 0,00040                         | М 01.35-2000           |

Окончание табл. 3

| 1               | 2        | 3        | 4                     |
|-----------------|----------|----------|-----------------------|
| B               | 0,160    | 0,067    | ПНДФ 14.1:2:4.36-95   |
| V               | 0,00360  | 0,00060  | ГОСТ Р 51309-99       |
| Bi              | <0,01    | -        | ГОСТ Р 51309-99       |
| W               | <0,02    | -        | ГОСТ Р 51309-99       |
| Cd              | 0,000120 | 0,000030 | ГОСТ Р 51309-99       |
| Co              | 0,0220   | 0,0018   | ПНДФ 14.1:2:4.139-98  |
| Li              | 0,180    | 0,023    | ПНДФ 14.1:2:4.138-98  |
| Mn              | 0,640    | 0,081    | ПНДФ 14.1:2:4.139-98  |
| Cu              | 0,0025   | 0,0011   | ПНДФ 14.1:2:4.139-98  |
| Mo              | <0,04    | -        | ГОСТ 18308-72         |
| As              | <0,01    | -        | ГОСТ 4152-89          |
| Ni              | 0,0070   | 0,0024   | ПНДФ 14.1:2:4.139-98  |
| PO <sub>4</sub> | <0,05    | -        | ПНДФ 14.1:2:1.112-97  |
| Ag              | <0,005   | -        | ПНДФ 14.1:2:4.139-98Г |
| Se              | <0,0001  | -        | ГОСТ 19412-89         |
| Pb              | <0,001   | -        | ПНДФ 14.1:2.54-96     |
| Sr              | 0,310    | 0,026    | ГОСТ 23950-98         |
| F               | 0,60     | 0,14     | ГОСТ 4386-89          |
| Cr              | <0,01    | -        | ПНДФ 14.1:2:4.30-95   |
| Hg              | <0,0002  | -        | ПНДФ 14.1:2:21-95     |
| Zn              | 0,0290   | 0,0036   | ПНДФ 14.1:2:4.139-98  |
| Fe(II)          | 22,24    | 2,80     | ПНДФ 14.1:2.50-96     |
| Fe(III)         | <0,05    | -        | ПНДФ 14.1:2.50-96     |
| I               | <0,05    | -        | ГОСТ 23268.16-78      |
| Br              | <0,05    | -        | ГОСТ 23268.15-78      |
| U               | <0,04    | -        | ГОСТ 18921-73         |
| CN              | <0,01    | -        | ГОСТ Р 51680-2000     |
| CO <sub>2</sub> | 4679     | 118      | ГОСТ 23268.2-78       |

В таблицах 4-6 приведены результаты анализов химического состава воды минеральной № 368/1 от 23 ноября 2007 г.

Таблица 4  
Обобщенные показатели

| Показатель                        | Массовая доля | Шифр методики   |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| 1                                 | 2             | 3               |
| Цветность, градус                 | <5,0          | ГОСТ 3351-74    |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>      | <0,20         | ГОСТ 3351-74    |
| pH, ед. pH                        | 8,06          | ГОСТ 26449.1-86 |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> | 180,00        | ГОСТ 18104-72   |

Окончание табл. 4

| 1   | 2       | 3                    |
|---|---------|----------------------|
| Жесткость, Ж°                                 | 3,90    | ГОСТ Р 52407-05      |
| Сумма минеральных веществ, мг/дм <sup>3</sup> | 328,18  | -                    |
| Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>                    | <0,0005 | ПНДФ 14.1:2:4.117-97 |
| ПАВ, мг/дм <sup>3</sup>                       | <0,025  | ПНДФ 14.1:2:4.27-95  |
| Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>             | 0,020   | ПНДФ 14.1:2:4.128-98 |
| Si, мг/дм <sup>3</sup>                        | 13,11   | РД 52.24.432-95      |
| Окисление перманганатом, мгО/дм <sup>3</sup>  | 1,60    | ГОСТ 23268.12-78     |

Таблица 5  
Макрокомпоненты

| Компонент | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> | Содержание, мг-экв/дм <sup>3</sup> | Содержание, % мг-экв/дм <sup>3</sup> | Шифр методики   |
|-----------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Na        | 2,08                           | 0,090                              | 2                                    | ГОСТ 23268.6-78 |
| K         | 1,43                           | 0,040                              | -                                    | ГОСТ 23268.7-78 |
| Ca        | 39,08                          | 1,95                               | 49                                   | ГОСТ 23268.5-78 |
| Mg        | 23,71                          | 1,95                               | 49                                   | ГОСТ 23268.5-78 |
| Итого     | 66,30                          | 4,03                               | 100                                  | -               |

Таблица 6  
Микрокомпоненты

| Компонент | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> | Шифр методики        |
|-----------|--------------------------------|----------------------|
| 1         | 2                              | 3                    |
| Al        | <0,04                          | ГОСТ 18165-89        |
| Be        | <0,00005                       | ГОСТ 18294-89        |
| Ba        | 0,0055                         | ГОСТ Р 51309-99      |
| B         | <0,050                         | ПНДФ 14.1:2:4.36-95  |
| V         | <0,001                         | ГОСТ Р 51309-99      |
| Bi        | <0,010                         | ГОСТ Р 51309-99      |
| W         | <0,02                          | ГОСТ Р 51309-99      |
| Cd        | <0,0001                        | ГОСТ Р 51309-99      |
| Co        | <0,005                         | ГОСТ Р 51309-99      |
| Li        | 0,014                          | ПНДФ 14.1:2:4.138-98 |
| Mn        | <0,01                          | ПНДФ 14.1:2:41.39-98 |
| Cu        | 0,0021                         | ГОСТ Р 51309-99      |
| Mo        | <0,04                          | ГОСТ 18308-72        |
| As        | <0,01                          | ГОСТ 23268.14-78     |

Окончание табл. 6

| 1               | 2       | 3                    |
|-----------------|---------|----------------------|
| Ni              | <0,001  | ГОСТ Р 51309-99      |
| Hg              | <0,0002 | ПНДФ 14.1:2:21-95    |
| Pb              | <0,001  | ГОСТ 51309-99        |
| Se              | 0,00036 | ГОСТ 19412-89        |
| Ag              | <0,005  | ГОСТ Р 51309-99      |
| Sr              | 0,15    | ПНДФ 14.1:2:4.138-98 |
| U               | <0,04   | ГОСТ 18921-73        |
| PO <sub>4</sub> | <0,05   | ГОСТ 18309-72        |
| F               | 0,44    | ГОСТ 23868.18-78     |
| Cr              | <0,01   | ПНДФ 14.1:2:4.30-95  |
| Zn              | <0,001  | ПНДФ 14.1:2:4.139-98 |
| Fe(II)          | <0,05   | ГОСТ 23268.11-78     |
| Fe(III)         | 0,12    | ГОСТ 23268.11-78     |
| CN              | <0,01   | ГОСТ Р 51680-2000    |
| CO <sub>2</sub> | 8,80    | ГОСТ 23268.2-78      |

Анализ результатов химического состава природной воды, добываемой в п. Горные ключи, проведённый авторами в лаборатории завода «Скит» показал, что вода сбалансирована по содержанию микро- и макроэлементов, мягкая, экологически чистая, физиологически полноценная.

УДК 664.951

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

**К.Ю. Мельников, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Рассматриваются режимы вибрационного движения рыбы для сравнения значения критических амплитуд с горизонтальной амплитудой колебаний лотка.*

Движение рыбы по вибрирующему лотку возникает, если в механизме взаимодействия её с лотком имеется нелинейное звено, роль которого выполняет трение. Условием движения рыбы является ее проскальзывание или подбрасывание под действием инерционных сил, которые возникают при гармонических колебаниях лотка:

$$\omega = 2\pi \cdot f , \quad (1)$$

где  $f$  – частота колебания лотка.

Режим движения рыбы по колеблющемуся лотку и скорость вибрационного перемещения определяются соотношением трех видов движения: прямого проскальзывания по лотку, обратного проскальзывания и свободного полета (после отрыва). Для анализа режимов движения необходимо знать границы начала прямого и обратного проскальзывания и отрыва рыбы от лотка, т.е. фазы и критические амплитуды эталонного механизма. При исследовании режимов движения принимается амплитудный критерий – амплитуда в горизонтальной плоскости лотка [1].

Критическая амплитуда начала прямого проскальзывания (минимальная амплитуда, при которой невозможно проскальзывание):

$$A_1 = \frac{k \cdot g}{\omega^2 (1 + k \cdot \operatorname{tg} \alpha)} = M \frac{k}{1 + k \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент трения покоя.

Как видно, начало сдвига зависит только от параметров транспортного устройства. При  $A > A_1$  будет сдвиг;  $A = A_1$  – граничное состояние;  $A < A_1$  – относительный покой.

Критическая амплитуда обратного проскальзывания:

$$A_2 = \frac{k \cdot g}{\omega^2 (1 - k \cdot \operatorname{tg} \alpha)} = M \frac{k}{1 - k \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

Критическая амплитуда отрыва детали от лотка:

$$A_3 = \frac{g}{\omega^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{M}{1 + k \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (4)$$

На практике может быть пять типовых режимов движения по вибрирующему лотку в зависимости от величины горизонтальной амплитуды:

I режим – совместное перемещение рыбы с лотком (относительный покой) характеризуется неравенством

$$A < A_1 < A_2 < A_3. \quad (5)$$

Этот режим не представляет практического интереса из-за отсутствия относительного перемещения детали по лотку.

II режим – относительное проскальзывание вперед без подбрасывания

$$A_1 < A < A_2 < A_3. \quad (6)$$

III режим – двустороннее проскальзывание без подбрасывания, причем проскальзывание вперед больше, чем назад, в результате чего рыба перемещается вперед

$$A_1 < A_2 < A < A_3 . \quad (7)$$

IV режим – двустороннее проскальзывание с подбрасыванием, рыба перемещается вперед (режим с большими значениями горизонтальной амплитуды колебаний лотка)

$$A_1 < A_2 < A_3 < A . \quad (8)$$

V режим – одностороннее проскальзывание с подбрасыванием, и рыба перемещается вперед (режим наибольших амплитуд)

$$A_1 < A_2 < A_3 < A . \quad (9)$$

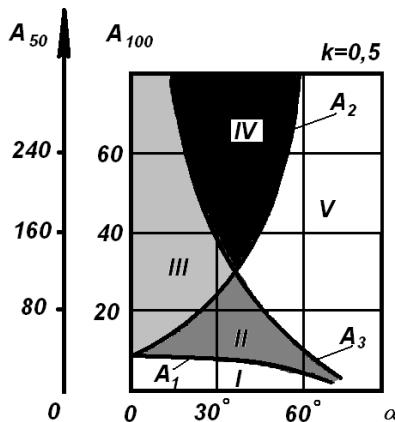
Если вибролотки работают в режимах с подбрасыванием, то скорость движения рыбы будет больше, чем в режимах II и III. Однако во многих случаях следует избегать режимов IV и тем более V.

Кроме того, при работе с подбрасыванием расходуется большая мощность. Подача неориентированных рыб в режиме с проскальзыванием при требуемой большой производительности может быть достигнута путем увеличения ширины лотка. Поэтому при выборе амплитуд колебаний лотка и определении скоростей перемещения очень важно знать, в каком типовом режиме работает вибрационное устройство [2].

Режим движения рыбы (сельдь тихоокеанская) по колеблющемуся горизонтальному лотку эталонного механизма удобно определять по разработанной нами номограмме, упрощенный вариант которой (для  $k = 0,5$ ) предоставлен на рисунке, где обозначение областей I-V соответствует ранее изложенным режимам движения. Как видим, режимы движения по вибролотку зависят от соотношения, величин амплитуд  $A_1, A_2, A_3$  и  $A$ , а расположение областей этих режимов – от величины горизонтальной максимальной амплитуды и колебаний лотка  $A$ , угла наклона подвесок  $\alpha$ , круговой частоты колебаний лотка  $\omega$  и коэффициента трения покоя  $k$ .

Так как эксцентрики в вибрационных транспортно-загрузочных устройствах совершают колебательные движения (в этом случае лоток делает 100 колебаний в секунду или 50 колебаний в секунду) на графике приведены 2 амплитудные шкалы  $A_{50}$  и  $A_{100}$  для соответствующих частот колебаний лотка.

Режим вибрационного движения (перемещения) рыбы определяется из сравнения значения критических амплитуд  $A_1, A_2$  и  $A_3$  с горизонтальной амплитудой колебаний лотка  $A$ .



Области различных режимов движения рыбы (сельдь тихоокеанская)

Кривые функций  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  могут быть получены путём расчета, моделированием или расчетом на ЭВМ.

#### Библиографический список

1. Гончаревич И.Ф. и др. Вибрационная техника в пищевой промышленности. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 277 с.
2. Поступов Ю.В. Механизированные разделочные линии рыбообрабатывающих производств. М.: Агропромиздат, 1987. 186 с.
3. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. СПб.: ГиоРД, 2003. 347 с.

УДК 664.951

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ДЕЙСТВИТЕЛЬНУЮ СКОРОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РЫБЫ

**К.Ю. Мельников; А.А. Дерябин; С.Д. Угрюмова,  
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Проводится анализ влияния параметров колебаний на действительную скорость перемещения рыбы при различных режимах движения.

В пищевой промышленности широкое применение нашли вибрационные транспортирующие технологические машины, которые выполняют функции перемещения, погрузки, дозирования, ориентирования, а

также совмещенные процессы перемещения и, например, сушки, сепарации, мойки, сортировки и т.д. Основными элементами вибрационных машин являются колебательная система, включающая в себя некоторое число масс, упругих связей, и привод того или иного вида. Разрабатываемая унифицированная вибрационная машина должна учитывать вид выполняемой работы: транспортировку и сортировку рыбы и внешних нагрузок на грузонесущий орган, устройства колебательной системы, тип привода и характер возникающей силы, а также характеристики упругих связей.

При постановке экспериментальной части нами разработана колебательная система, включающая в себя массу  $m$  и упругие связи (с жесткостью  $K$  и вязкостью  $\nu$ ), а также эксцентриковый привод с набором эксцентриковых грузов (с упругой связью  $K_0$  и вязкостью  $\nu_0$ ). На колеблющуюся массу  $m$ , которая является рабочим органом машины, действует нагрузка, создаваемая обрабатываемым сырьем и направленная по нормали  $N$ , и тангенциальная составляющая  $F$ . Перемещению рабочего органа массой  $m$  препятствуют внутренние сопротивления в упругих связях и элементах конструкции, которые можно принять пропорциональными скорости движения рабочего органа. Рабочий орган машины может менять угол наклона к горизонту  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , а угол  $\beta$  наклона траектории рабочего органа к горизонту определяется установкой упругих связей, расположением привода, который может быть многоуровневым для создания колебательных движений как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, и характером возмущающей силы [1]. На рис. 1 приведена принципиальная структурная схема машины с эксцентриковым приводом, установленным на колеблющейся массе. Состоит из двух рабочих органов 1, рабочих упругих связей 2, виброметра 3, опорных стоек 4.

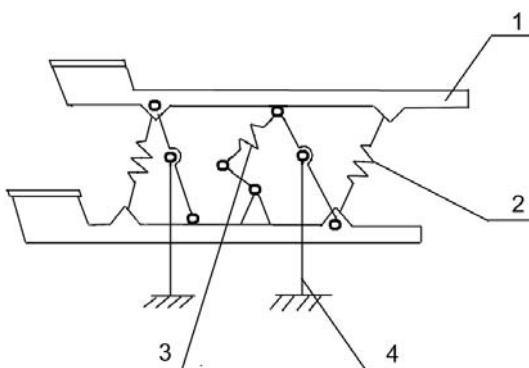


Рис. 1. Структурная схема машины: 1 – рабочие органы, 2 – рабочие упругие связи, 3 – виброметр, 4 – опорные стойки

Расчет скорости вибротранспортирования может быть в инженерных расчетах произведен следующим образом:

$$V = V_0 \cdot K ,$$

где  $V_0$  – скорость эталонного продукта, для сырого песка, м/с;  $K$  – коэффициент транспортабельности, для эталонного сырого песка  $K = 1(0 \div 1)$ .

Для определения действительной скорости транспортирования при прямолинейных гармонических колебаниях исследовались зависимость скорости от частоты  $f$  и амплитуды колебаний  $A$ , а также угол вибрации  $\alpha$  и угол наклона рабочего органа. Зависимости скорости вибротранспортирования рыбы при прямолинейных гармонических колебаниях от амплитуды и частоты колебаний, а также угла наклона рабочего органа представлены на рис. 2.

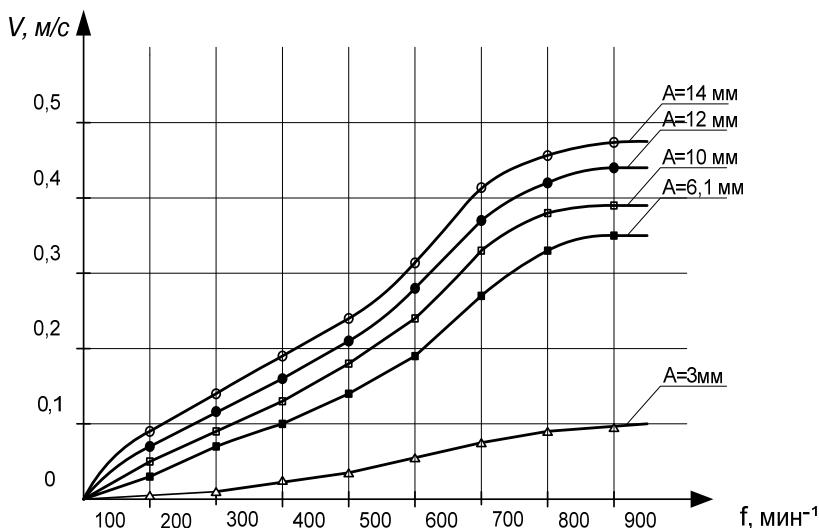


Рис. 2. Зависимость скорости вибрационного перемещения при  $K = 0,9$ ,  $\alpha = 45^\circ$  (сельдь тихоокеанская), средняя толщина слоя  $\approx 50$  мм

Анализируя графическую зависимость, можно сделать вывод, что чем больше амплитуда колебаний, тем при более низких частотах достигается большее возрастание скорости транспортирования. Связывая характер кривых зависимости скорости виброперемеще-

ния от амплитуды и частоты колебаний от безотрывного или отрывного режима виброперемещения, можно отметить, что в области наименьшей частоты вибрации скорость увеличивается равномерно. При переходе в режим подбрасывания происходит наибольшее возрастание скорости с последующим выравниванием. Данное явление можно объяснить нарушением условий передачи энергии массовой среде от рабочего органа.

Замечено, что для каждой амплитуды колебаний существует свой максимум скорости, получаемый при тем меньшей частоте колебаний, чем больше амплитуда колебаний, т.е. для достижения максимальных скоростей транспортирования следует принимать большие амплитуды, частоты колебаний и углы вибрации, которые обеспечивают максимальные скорости вибротранспортирования [2]. Анализируя зависимость скорости виброперемещений, можно сделать следующий вывод: для повышения скорости в области отрывного перемещения следует уменьшать угол вибрации до  $20^{\circ}\div25^{\circ}$  и, наоборот, в режимах безотрывного перемещения угол вибрации увеличивать до  $40^{\circ}\div45^{\circ}$ . При транспортировании рыбы на подъем скорость виброперемещения значительно уменьшается. Нами также рассмотрено влияние толщины слоя перемещения рыбы на производительность виброперемещения. Несмотря на то что скорость виброперемещения с ростом толщины слоя уменьшается, а производительность линии увеличивается. Это объясняется тем, что до определенного предела увеличение толщины слоя компенсируется снижением скорости и производительность линии стабилизируется. Нами исследована зависимость скорости виброперемещения от свойств перемещаемого продукта (рис. 3).

Анализ полученных кривых позволяет сделать вывод, что существует определенный резерв увеличения производительности перемещения за счет повышения эффективности процесса передачи скорости от рабочего органа перемещаемой среде (рыбе), т.е. следует повышать интенсивность колебаний (частоту, амплитуду) до предела, обеспечивающих устойчивые режимы (безотрывные) виброперемещения. Одним из основных критериев, определяющих оптимальный режим работы, является критерий минимальных энергозатрат на привод вибрационной установки. В данном случае при оценке эффективности виброобработки исходим из требований достижения минимума ускорения рабочего органа как наиболее общего и существенного условия эффективности режима работы. Исследования показали, что коэффициент передачи скорости в области невысоких режимов вибрации (частота  $f$  не более  $400 \text{ мин}^{-1}$ ) практически прямо пропорционален увеличению угла вибрации, т.е. правильный выбор угла вибрации способствует увеличению производительности вибротранспортирующей машины. С увеличением параметров вибрации, угла вибрации коэффициент передачи скорости снижается.

Также установлено, что с увеличением угла наклона рабочего органа от горизонтального положения до  $15^\circ\div20^\circ$  коэффициент передачи скорости увеличивается [3].

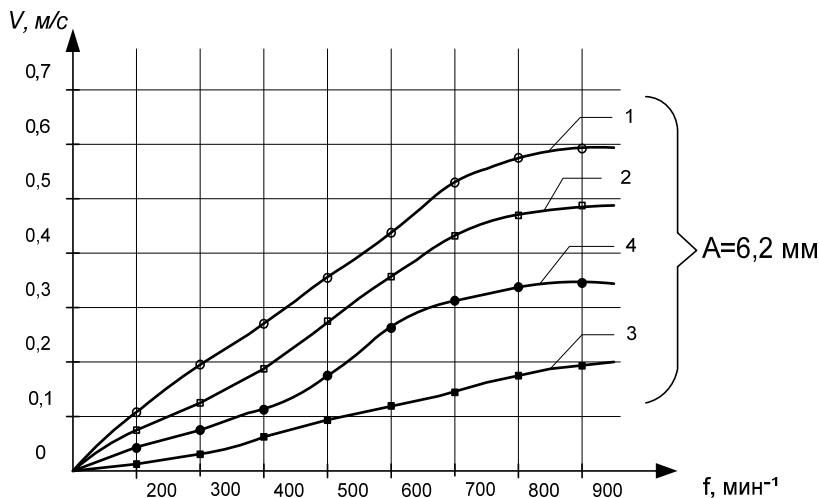


Рис. 3. Зависимость скорости вибропреремещения от свойств перемещаемых продуктов: 1 – эталонная среда (песок); 2 – зерно; 3 – картофель; 4 – рыба (тихоокеанская сельдь)

Затраты энергии, связанные с вибротранспортировкой, обусловливаются теми сопротивлениями, которые оказывает обрабатываемый продукт (рыба) перемещению рабочего органа.

Дальнейшее планирование экспериментальной части данного исследования предусматривает установление зависимости средней скорости вибропреремещения рыбы от амплитуды и частоты при бигармонических колебаниях, от поведения груза во время прохождения калибрующей щели различного профиля.

#### Библиографический список

1. Гончаревич И.Ф., Урьев Н.Б., Талейник М.А. Вибрационная техника в пищевой промышленности. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 277 с.
2. Поспелов Ю.В. Механизированные разделочные линии рыбообрабатывающих производств. М.: Агропромиздат, 1987. 186 с.
3. Труханов В.М. Надежность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытания опытных образцов. М., 2003. 216 с.

## УПРАВЛЕНИЕ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

И.В. Панюкова; С.Д. Угрюмова, Дальрыбвтуз, Владивосток

*Ни один из существующих методов и механизмов не обеспечивает безостаточную обработку пищевого оборудования, поэтому задача создания машины, обеспечивающей вибробезопасные условия труда и высококачественную обработку пищевого оборудования, является своевременной и актуальной.*

Исходя из правительственной концепции государственной политики в области здорового питания населения России, приоритет по-прежнему остается за здоровьем нации, что будет определяться вопросами питания, безопасности и качества пищи.

Существует множество тем, имеющих важное значение для динамичного развития и решения существующих проблем в области пищевой промышленности.

Рост выпуска пищевой рыбной продукции и повышение производительности труда в рыбообрабатывающей отрасли зависят в первую очередь от технического уровня создаваемой и внедряемой техники.

На сегодняшний день на российских предприятиях вообще нет детального контроля за качеством выпускаемой пищевой продукции, примерами служат участившиеся случаи пищевых отравлений продукцией молокозаводов, предприятий по производству детского питания. А ведь именно на уровне производства рождается ряд проблем, таких, как нерациональное использование сырья, огромное количество отходов, низкое качество выпускаемой продукции и неудовлетворительная обработка инвентаря и оборудования.

Например, высокоеэффективное использование рыбного сырья – комплексное понятие, которое означает необходимость применения гидробионтов для выпуска наиболее высококачественной пищевой продукции. Обработка гидробионтов при производстве связана с неизбежным образованием отходов, химический состав которых очень разнообразен. Комплексное использование сырья должно обеспечивать полную утилизацию химических веществ, что способствует решению проблемы экологически чистого производства.

Управление послеоперационной обработкой такой технологической линией предполагает решение задачи создания мини-моечной машины для обработки пищевого оборудования с использованием моющих средств, и эта задача является своевременной и актуальной.

Повышение эффективности послеоперационной обработки рыбоперерабатывающего оборудования может быть осуществлено созданием мини-моечной машины с набором насадочных устройств, позволяющих устанавливать режимы обработки оборудования с использова-

нием моющих средств как отечественного, так и зарубежного производства. Большой интерес вызывает новый класс антисептиков – полимерные дезинфицирующие средства, которые являются более эффективными и менее опасными для человека, чем использующиеся ранее, они не агрессивны и не образуют токсичных продуктов распада.

Одним из перспективных и эффективных отечественных дезинфицирующих средств является «Полисент» (полигексаметилен гидрохлорид), который отвечает требованиям Минздрава РФ к полимерным материалам, предназначен для использования в контакте с продуктами питания и используется в мясной отрасли. Исследования по применению данного средства на рыбоперерабатывающих предприятиях не велись.

В основу разработки мини-моек машины для послеоперационной обработки оборудования положена мини-мойка системы Керхера.

Еще в 1950 г. Альфред Керхер (Германия) получил патент на устройство для очистки водой под высоким давлением, а в 1974 г. его фирма начинает разработку производства и реализацию соответствующего оборудования. В 1984 г. на мировом рынке появляется первый переносной аппарат HD-555, использующий эту технологию для мойки автомашин (мини-мойка).

Мини-мойки предназначены для мытья не только автомобилей, но и их узлов, и агрегатов, а также для чистки улиц, помещений, стен зданий при фасадных работах, в сельском хозяйстве, строительстве, для очистки объектов на промышленных предприятиях, памятников истории и архитектуры, прочистки канализационных, отопительных и водопроводных труб, цистерн и т.д. Они могут работать с пескоструйными насадками и как насосы для откачки воды, грязи, с их помощью распыляют химические средства, в том числе в садах и огородах.

Например, в США на автомойках распространение получили аппараты с расходом воды 2000-2500 л/ч и с давлением 40-60 бар.

Для мытья автомобилей в большинстве случаев было достаточно давления 100-150 бар при потоке воды 10-15 л/мин. Большее давление могло привести к повреждению лакокрасочного покрытия автомобиля и внешних деталей, а также узлов и частей двигателя. Поэтому в пищевых производствах нет смысла пользоваться мойками, имеющими давление 200 бар и выше.

Анализ работы такого оборудования позволил выделить следующие особенности существующих мини-моек высокого давления по сравнению с традиционным (ручным) способом мытья: достигается заметная экономия воды. При ручном способе в среднем из крана за час вытекает 3000-3500 л воды, у моек высокого давления – проходная способность от 400 до 950 л в час. Так же несравнима степень очистки, особенно в труднодоступных местах, где в большей степени собираются пищевые остатки; облегчаются трудоемкие ручные операции. Все это отмечено нами при визуальных наблюдениях процесса мойки пищеварочных котлов.

Однако ни одна из существующих мини-моек не обеспечивает безостаточную обработку оборудования. К недостаткам можно отнести и значительное влияние вибрационных воздействий передаваемых оператору через пистолет и энергоемкость такой машины.

Главным узлом любой мойки высокого давления является помпа высокого давления, где и происходит нагнетание воды. Вода поступает в нее через входные клапаны и через выходные уже попадает в шланг высокого давления и пистолет с наконечником, в котором возникают вибрационные возмущения. В зависимости от предназначения наконечник представляет собой насадку, закручивающую струю воды с определенным углом распыла и точно откалиброванным отверстием.

Мойки высокого давления оснащены двумя типами помп. В подавляющем большинстве помпы независимо от конструкции имеют три цилиндра сжатия. Самые простые помпы изготовлены из пластмассы и являются одноразовыми.

Очень важный узел в аппаратах высокого давления – это клапан «Bypass». Чтобы давление, при котором открывается клапан, не стало выше максимально допустимого, его всегда указывают в паспорте или каталоге в качестве максимального давления для данной модели мойки.

В дорогих профессиональных моделях используется технология подогрева воды. При этом нельзя превышать максимально допустимую температуру воды на входе, поскольку насос рассчитан по этому параметру довольно точно. Обычно она не превышает 50 °C.

Клапаны – наиболее уязвимое звено в насосах высокого давления, их полимерный уплотнитель способен выдержать температуру не выше 100 °C. Расход масла в насосах высокого давления мизерный, тем не менее следить за его уровнем следует постоянно. В то же время насосы в аппаратах высокого давления работают в достаточно жестких условиях, поэтому в них лучше заливать качественные масла.

Ресурс насоса любой мойки при нормальных условиях эксплуатации зависит в основном от количества ходов плунжера и срабатываний клапанов. Модель с минимальным числом оборотов двигателя для условий интенсивного пользования при одинаковых характеристиках более долговечна, и все эти факторы ограничивают возможности использования уже существующих мини-моек машин в пищевых производствах. А одним из главных недостатков является наличие локальных вибрационных воздействий на оператора.

Причиной вибровозбуждения ручных машин является преобразование кинетической энергии струи жидкости в механическую работу при распылении жидкости. Частота и амплитуда колебаний пневмопистолета являются параметрами, которые определяют интенсивность вибрации корпуса всего насадочного механизма. Снижение вибрации с целью защиты оператора экономически нецелесообразно и технически невозможно. Виброзащита работающего оператора мини-моек машины может быть обеспечена снижением уровня контактной вибрации, что достигается снижением вибрационного воздействия на источник возбуждения за счет компенсационных вставок в проходную часть пистолета, снижением параметров вибрации по пути ее распространения от источника – это рациональный выбор массы колеблющейся системы, вибродемпфирование, динамическое гашение колебаний, виброизоляция. Особый интерес

представляет виброизоляция, которая включает три основных элемента: источник вибрации, оператора и средство виброизоляции.

Разработка пневмоизолятора к пистолету, который способен гасить вибрационные воздействия, модернизация насадочного узла, увеличивающего угол распыла моющего средства, а также обеспечение безостаточной послеоперационной обработки оборудования с целью повышения эффективности качества перерабатываемого сырья – все это является основой экспериментального исследования.

### **Библиографический список**

1. Максимов И.Е. Состояние и перспективы использования экозащитных систем в решении проблем отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки: Аналит. обзоры. Новосибирск, 1995.
2. Хмельницкий А.Г. Использование вторичных материальных ресурсов в качестве сырья для промышленности // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки: Аналит. обзоры. Новосибирск, 1995.
3. Быховский И.И., Гольдштейн Б.Г. Основы конструирования вибробезопасных ручных машин. М.: Машиностроение, 1982. 224 с.
4. Никифоров Л.Л. Направление модернизации очистных сооружений // Техника и процессы в подготовке инженера: Тез. докл. научно-методических чтений. М.: МГУПБ, 1998.
5. Кузнецова Л.С., Снежко А.Г., Борисова З.С. и др. Очистка и обеззараживание сточных вод перерабатывающих предприятий // Пищ. пром-сть. 2002. № 10. С. 52-53.

УДК 665.937.6:66.084

### **ПРОМЫШЛЕННЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ СУШКИ ЛАМИНАРИИ ВО ВЗВЕШЕННО-ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

**В.И. Погонец, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*По результатам исследований сушки ламинарии во взвешенно-закрученных потоках разработана методика инженерного расчета аппаратов. На ее основе созданы, а затем внедрены в производственную эксплуатацию несколько конструкций установок стационарного, автономного и судового исполнителей.*

Всесторонние исследования кинетики и гидродинамики процесса сушки шинкованной ламинарии во взвешенно-закрученных потоках вначале на установках в лабораторных условиях, а затем многократная проверка полученных данных в производственных условиях позволили [1, 2] построить модель процесса закрученного потока в конических ка-

мерах и разработать методику инженерного расчета аппаратов, спроектировать их, изготовить и внедрить в производственную эксплуатацию.

Первый спроектированный аппарат, все основные узлы которого изготовлены из пищевого алюминия (АМг5М) и нержавеющей стали (08Х22Н6Т), предназначен для эксплуатации в полевых (автономных) условиях, а также на рыбозаводах и водорослевых комбинатах малой мощности с централизованным энергоснабжением. На рис. 1 приведена схема этого аппарата.

Аппарат состоит из конической камеры 4 с загрузочным устройством 5, улитки подвода сушильного агента, газораспределительной решетки (конструкции А), циклона 6 для отделения отработанного теплоносителя от высушенных частиц ламинарии, вытяжного вентилятора 7, двух теплогенераторов 3, работающих на дизельном топливе, напорного вентилятора высокого давления 2 и воздуховодов. Привод автономного аппарата осуществляется дизелем 1 марки Д65Н, который через коробку передач, распределительный вал и клиноремённые передачи приводит во вращение напорный вентилятор и электрогенератор переменного тока ГАБ-8т/230 мощностью 8 кВт.

В комплект входит шинковочная машина НЗ-ИРК, которая размещается перед бункером загрузочного устройства.

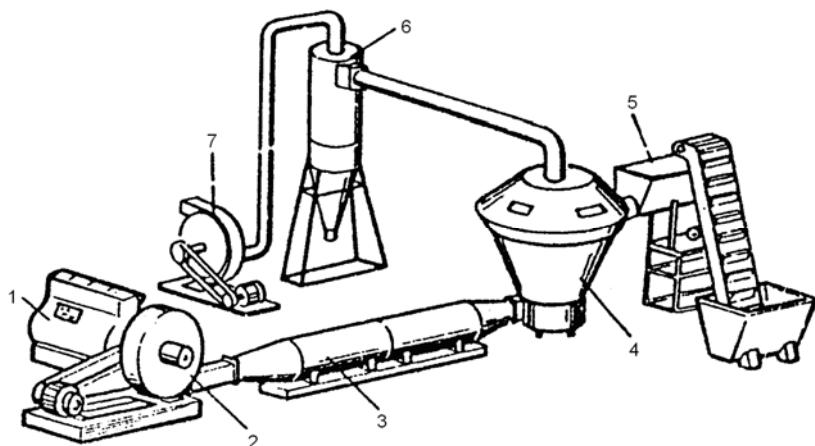


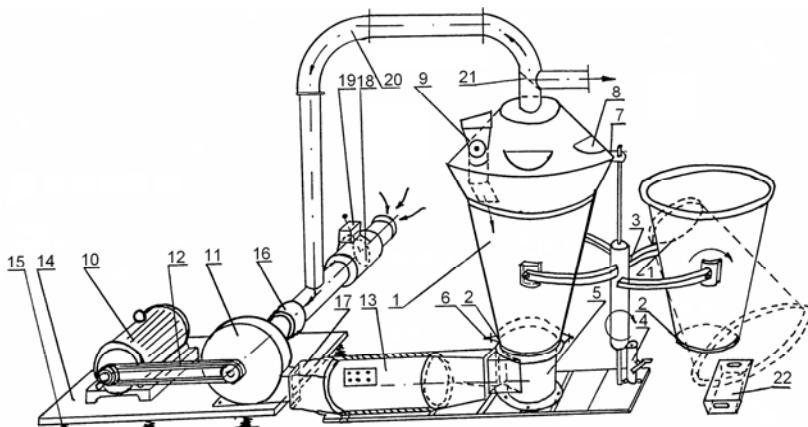
Рис. 1. Схема автономного аппарата для сушки ламинарии во взвешенно-закрученных потоках

**Работа аппарата** осуществляется следующим образом: слоевища морской капусты промываются в проточной морской воде и подаются на сортировку. Отсортированные слоевища ламинарии подаются на машину НЗ-ИРК для шинкования. Шинкованная капуста поступает в приемный бункер, затем транспортером «Гусиная шея» перегружается

в бункер загрузочного устройства, откуда шнековым винтовым конвейером подаётся в сушильную камеру. Скорость подачи морской капусты из загрузочного устройства в сушильную камеру регулируется изменением частоты вращения вала винтового конвейера вариатором, установленным на приводе этого устройства. Слой капусты на газораспределительной решётке под действием горячего воздуха, выходящего из отверстий решётки под давлением, находится во взвешенном состоянии при организованном закрученно-вращательном движении. Подаваемая постоянно новая порция сырого продукта увлекается в движение и перемешивается с подсушенной массой. По мере высыхания частицы ламинарии отсасываются в верхней части камеры телескопическим устройством в циклон, где шлюзовым дозатором осуществляется разгрузка готового продукта в тару для упаковки.

### Техническая характеристика аппарата

|  |            |
|--|------------|
| Производительность по сырой ламинарии, кг/ч .....  | 200        |
| Начальная влажность сырья, % .....   | 85-92      |
| Выход готового продукта с влажностью не выше 20 %, кг/ч .....  | 25         |
| Температура горячего теплоносителя на входе в камеру сушки, °С .....   | 120        |
| Температура отработанного воздуха на выходе из камеры, °С.....   | 75-80      |
| Давление воздуха под газораспределительной решёткой, МПа .....   | 45         |
| Численность обслуживающего персонала, чел. ....  | не более 5 |
| Для сушки шинкованной пряно-сладкой морской капусты предложена конструкция установки, схема которой приведена на рис. 2. |            |



Установка состоит из двух конических сушильных камер 1 с газораспределительными решётками 2 (конструкции А), укреплёнными на поворотном устройстве 3, снабжённом гидроцилиндром 4. Поворотное устройство предназначено для поочередной смены сушильных камер в установке, а гидроцилиндр – для герметизации их с тангенциальной «улиткой» 5 через уплотнительное устройство 6. Верхняя часть сушильных камер стыкуется с фильтрующим устройством 7 со смотровыми окнами 8 и шлюзовым загрузочным устройством 9. Тепловентиляционная станция установки включает электродвигатель 10, вентилятор марки ВВД-8 высокого давления 11, привод которого осуществляется через клиноременную передачу 12, и электрокалорифер 13. Последний состоит из четырех секций нагревательных элементов типа ЭКМ-20. С целью снижения вибрации всей установки опорная рама 14 привода установлена на восьми пружинных амортизаторах 15, а вентилятор высокого давления соединен с воздуховодами всасывающей и нагнетательной магистралей мягкими вставками 16 и 17. Всасывающий патрубок вентилятора снабжен заборным шиберным устройством 18, регулируемым червячным редуктором 19 и рециркуляционным патрубком теплоносителя 20. С целью рационального использования вторичного теплоносителя и интенсификации процесса сушки продукта вытяжной патрубок установки оборудован регулирующим рециркуляционным шибером 21.

Единовременная загрузка в камеру сырья 15-20 кг, что соответствует удельной нагрузке на решетку 76-102 кг/м<sup>2</sup>. Начальная температура теплоносителя – 100 °С, он подаётся в камеру на первом этапе в течение 12-15 мин, на втором этапе в течение следующих 5 мин сушки температура сушильного агента на входе снижается до 60 °С, при этом на выходе из камеры температура отработанного теплоносителя соответственно по этапам составляет 70 и 55 °С. Теплоноситель подается в сушильную камеру со скоростью 8,5-9,7 м/с. Влажность исходного сырья перед сушкой – 70-75 %, готового продукта – 20-22 %.

По окончании полного цикла сушки готовый продукт выгружается для охлаждения в тару 22, а затем направляется для фасования в полимерные пакеты.

Для морских условий, в частности для судов типа ПКБ проекта 398, нами предложена установка ССУ-30, предназначенная для сушки шинкованной ламинарии и её отходов на медицинскую крупку и порошок. Она может размещаться на верхней палубе судна (рис. 3) и удачно компонуется с инженерными судовыми сетями (пар, электроэнергия, морская забортная вода).

Установка ССУ-30 двухмодульная, она состоит из двух сушильных камер (первой ступени 1 и второй ступени 2), загрузочного устройства 3, циклона 4 для отделения подсушенного продукта, циклона 6 для отделения сухого продукта и циклонов 5 второй камеры, шлюзового питателя 4б циклона первой камеры, шлюзовых питателей 5б циклонов второй камеры и шлюзового питателя 6а циклона сухого продукта. В комплект сушилки входят вентиляторы высокого давления

100 марки В-Ц6-28-10, среднего давления 101 марки Ц4-70 № 8 и 102 марки 30 ЦС-24, две секции паровых калориферов 10, каждая из которых состоит из спаренных четырех калориферов, распределители воздуха 11, две шинковочные машины 103 марки НЗ-ИРК и стол накопительный 28.

**Работа установки.** Подача подготовленного сырья производится на стол накопительный. Со стола-накопителя слоевища подаются на шинкование. Измельченная ламинария поступает в бункер загрузочного устройства и шнеком подается в сушильную камеру первого модуля. Слой шинкованной морской капусты на газораспределительной решетке (конструкции Б) в сушильной камере первого модуля под действием горячего воздуха, выходящего из отверстий газораспределительной решетки под давлением, находится во взвешенном состоянии при организованном вращательном движении. Подаваемая непрерывно новая порция сырого продукта увлекается в движение и перемешивается с подсушенной массой.

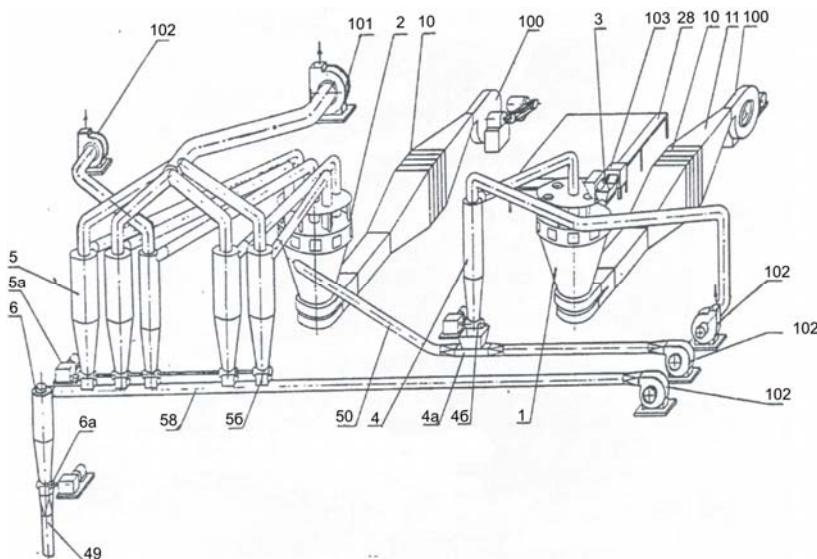


Рис. 3. Схема установки ССУ-30 судового исполнения для сушки ламинарии на медицинскую крупку и порошок

По мере подсушивания частицы капусты с помощью телескопического разгрузочно-сепарационного устройства, установленного в камере, отсасываются воздухом в циклон 4, где шлюзовым дозатором осуществляется перегрузка продукта в эжектор 4а, а из эжектора подсушенное сырье тангенциально по трубопроводу подается на досушку во вторую камеру (второй модуль).

Во втором модуле (камере) шинкованная ламинария окончательно досушивается до требуемой влажности 20 %, и по мере высыхания частицы капусты отсасываются пятью телескопическими патрубками, установленными в камере, в циклоны готового продукта. Из циклонов сухая ламинария разгружается шлюзовыми дозаторами в пневмопровод 5в, по которому она транспортируется в разгрузочный циклон 6, из этого циклона сухой продукт разгружается шлюзовым дозатором 5а в пневмопровод 49, по которому подается в трюм на охлаждение, расфасовку и упаковку.

### Техническая характеристика ССУ-30

|   |       |
|---|-------|
| Производительность по сырью, кг/сут.                      | 30000 |
| Производительность по готовому продукту, кг/сут           | 4000  |
| Влажность сырья, начальная, %                             | 85-92 |
| Температура теплоносителя на входе в сушильные камеры, °С | 130   |
| Расход пара, кг/ч   | 2000  |
| Суммарная потребляемая мощность, кВт/ч                    | 180   |
| Численность обслуживающего персонала, чел.                | 5     |

Для крупных водорослевых комбинатов и рыбозаводов, специализирующихся на переработке в больших объемах ламинарии Японской, фукусов, беломорской сахаринки и дигитаты, разработана и испытана двухмодульная сушилка производительностью 40 т в сутки по сырью. Схема её приведена на рис. 4.

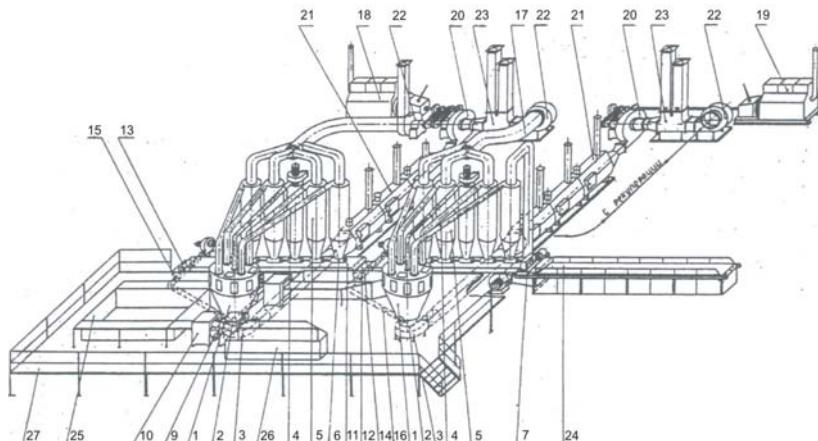


Рис. 4. Схема двухмодульной сушилки производительностью 40 т/сут

Установка состоит из двух коническо-цилиндрических сушильных камер 1 (первой и второй ступени), каждая камера внутри снабжена отбойными сетками и пятью сепарирующими поворотными устройствами. Конические части камер меньшими основаниями опираются на газораспределительные решетки 2 (конструкции Б, диаметром 1000 мм), установленные на тангенциальные улитки 3. Каждое сепарирующее устройство через индивидуальные воздуховоды 4 соединено с циклонами 5, которые образуют две секции. Циклоны снабжены шлюзовыми дозаторами 6, а последние в каждой секции имеют индивидуальные приводы 7. Циклоны в секциях обмурованы и образуют общий рекуператор, через который продувается воздух. Пройдя через рекуператор, воздух подогревается и направляется по магистрали на всасывающий патрубок вентилятора среднего давления 22. Сушильная камера первой ступени снабжена двумя шнековыми питателями 9. Измельчение (шинкование) слоевищ морской капусты осуществляется четырьмя машинами 10 марок НЗ-ИРК. Сырье в сушильной камере 1-й ступени высыхает до влажности 50-60 %, а затем через сепарационные устройства, циклоны, шлюзовые дозаторы и ленточный транспортер 11 попадает в бункер 12 (13), откуда эжектором 14 (15) по трубопроводу 16 подается тангенциально во вторую камеру. В случае перегрузки второй камеры шинкованная ламинария из бункера 13 подается эжектором 15 повторно в первую камеру. Теплоноситель после циклонов сводится в единую магистраль 17 и направляется на рециркуляцию. Сушилка снабжена двумя индивидуальными дизелями 18, 19 марок ЗД6 и ЗД6Л, двумя вентиляторами высокого давления 20 типа В-Ц6-28-10, шестью теплогенераторами 21 типа ТГ-3,5 и тремя вентиляторами среднего давления 22, а также регулировочными распределительными клапанами теплоносителя 23. В комплект установки входит счетчатый транспортер 24 для досушки ламинарии, емкости 25 и 26 для хранения и мойки сырья, а также площадка обслуживания 27 сушильных камер.

**Работа двухмодульной установки.** Сушилка может работать на двух модулях одновременно и на каждом модуле самостоятельно, при этом такой вариант её эксплуатации выбирается исходя из наличия соответствующих объемов сырья и возможности посменной организации работы сушилки.

Первый вариант работы сушилки, т.е. на двух модулях одновременно, является предпочтительным независимо от имеющихся запасов сырья, потому что в этом случае достигается высокая эффективность работы установки.

При работе по первому варианту необходимо соблюдать следующую последовательность. Первоначально перед запуском сушилки для исключения прилипания шинкованной массы свежей ламинарии к газораспределительной решетке в первом модуле необходимо в камеру на поверхность решетки через ревизионный люк равномерно загрузить сухую капусту в количестве 10-12 кг. Затем, подготовив предварительно сырную шинкованную массу морской капусты в количестве 120-150 кг, ее

необходимо загрузить в камеру одновременно двумя шнековыми загрузочными устройствами.

Таким образом, перед запуском сушилки в работу в ее первой камере должно находиться общей массы капусты ориентировочно в количестве 130-162 кг, это наличие сырого продукта в начальный момент позволит стабилизировать процесс кипения.

После подготовки сырья и загрузки его в первую камеру осуществляют настройку периферийных сепарационных патрубков со срезанными кромками (скосами). Патрубки внутри камеры поднимают в самое верхнее положение, причем их разворачивают срезанными кромками по ходу движения закрученного потока теплоносителя. Центральный сепарационный телескопический патрубок опускают в камеру до уровня загрузочных устройств. После этой подготовки перекрывают шиберным устройством магистраль отвода отработанного теплоносителя на первой ступени, объединяющей четыре больших циклона. Затем последовательно открывают подачу пара в калориферы первой ступени, регулируют отвод конденсата и осуществляют запуск вентилятора высокого давления. Температура теплоносителя под решеткой сушильной камеры устанавливается в пределах 130 °С (не более). Продукт в камере начинает интенсивно и равномерно кипеть. По истечении 10-12 мин кипения продукта в первой камере включают одновременно оба загрузочных шнековых устройства и осуществляют непрерывную подачу свежего сырья в камеру. В момент подачи свежих партий сырья в первую камеру последовательно включают ленточный транспортер первой ступени, шлюзовые дозаторы циклонов, эжектор перегрузки подсушенного сырья во вторую камеру и вентилятор среднего давления на малом циклоне в первом модуле. Установка выведена на режим работы с первым модулем. По истечении времени загрузки второй камеры подсушенным продуктом, количество и массу которого определяет оператор в объеме 200-250 кг, осуществляется запуск второго модуля (ориентировано через 13-15 мин после запуска первого модуля). Продукт кипит и сушится во второй камере в течение 5-7 мин. Затем последовательно включают ленточный транспортер и шлюзовые дозаторы больших циклонов на втором модуле. Настраивают отсос готового продукта посредством открывания шиберного устройства на магистрали отвода отработанного теплоносителя. Включают вентилятор отсоса теплоносителя из объединенного рекуператора двух ступеней сушилки, вентилятор подачи горячего воздуха под инспекционный счетчатый транспортер и осуществляют запуск инспекционного транспортера. Установка выведена на полный режим работы.

При работе по такой схеме эксплуатации сушилки оператор должен следить за темпом загрузки сырья в первую камеру, с тем чтобы исключить ее перегрузку и остановку кипящего слоя продукта в камере. Оператор должен следить за работой эжектора, с тем чтобы исключить его перегрузку и как следствие образование «пробки» из продукта в пневмомагистрали, питающей вторую камеру.

При индивидуальной работе на первом и втором модулях сушилки самостоятельно требуется некоторая предварительная переналадка отдельных узлов сушилки. Последовательность подготовки камер обоих модулей остается прежней, однако при работе по этой схеме периферийные телескопические сепарационные устройства, питающие большие циклоны, настраивают на отвод сухих частиц, а центральное телескопическое устройство в этом случае отключается. При работе по этой схеме потребуется досушка отдельных влажных частиц морской капусты, увлекаемых в циклоны. Это возможно выполнить на сетчатом транспортере досушки и инспекции. Не исключено, что при работе на каждом модуле сушилки самостоятельно возможно несколько превысить расчетную производительность сушилки, но при этом необходимо увеличить расход теплоносителя на досушку готового продукта перед его расфасовкой в тару.

### **Техническая характеристика двухмодульной сушилки**

|  |       |
|--|-------|
| Производительность по сырью, кг/сут .....                          | 40000 |
| Производительность по готовому продукту, кг/сут .....              | 5300  |
| Потребляемая мощность, кВт/ч.....                                  | 200   |
| Влажность ламинарии на выходе с первого модуля сушилки, % .....    | 50-60 |
| Влажность ламинарии на выходе из второго модуля сушилки, % .....   | 14-18 |
| Расход дизельного топлива (двумя дизелями), кг/ч .....             | 52    |
| Температура теплоносителя на входе в первую камеру, °С .....       | 130   |
| Температура теплоносителя на выходе из первой камеры, °С .....     | 48    |
| Температура теплоносителя на входе во вторую камеру, °С .....      | 120   |
| Температура воздуха на выходе из второй сушильной камеры, °С ..... | 60-70 |
| Расход дизельного топлива шестью теплогенераторами, кг/ч .....     | 108   |
| Обслуживающий персонал, чел. ....                                  | 8     |

Все сушилки снабжены разработанными беспровальными газораспределительными решётками двух типов, которые обеспечивают циркуляцию частиц измельчённых морепродуктов по замкнутым взвешенно-закрученным контурам, гарантируют их стабильное кипение, при этом способствуют интенсификации процесса сушки продукта.

На рис. 5 и 6 приведены фотографии этих двух типов газораспределительных решёток (конструкций А и Б).

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

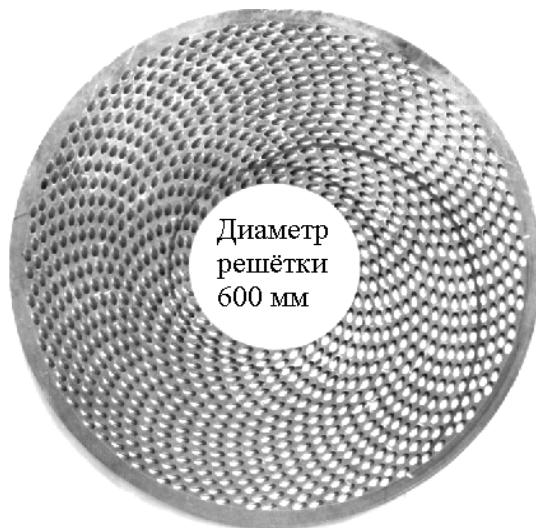


Рис. 5. Газораспределительная решетка конструкции А

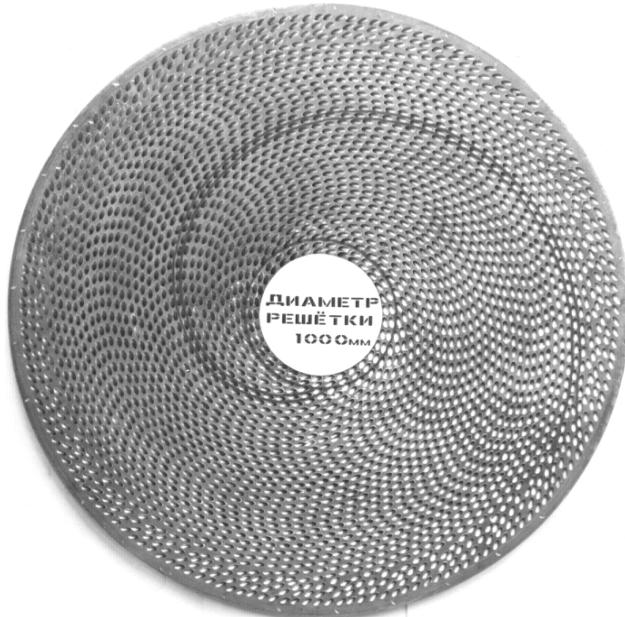


Рис. 6. Газораспределительная решетка конструкции Б

Газораспределительная решетка конструкции Б имеет три зоны (центральную, периферийную и пристеночно-периферийную). В центральной и периферийной зонах каналы расположены так же, как и в решетках конструкции А. В пристеночно-периферийной зоне каналы расположены на зеркальном отражении 33 эвольвент. Такое расположение каналов на пристеночно-периферийной зоне решетки гарантирует интенсивное кипение продукта у стенок камеры и исключает его залегание.

Оптимальная величина пристеночно-периферийной зоны составляет 0,15 от наружного диаметра решётки, она определена в процессе проведения производственных работ и исследований.

### **Библиографический список**

1. Погонец В.И. Сушка морепродуктов во взвешенно-закрученных потоках: Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000. 193 с.
2. Погонец В.И. Новое оборудование для сушки морепродуктов и основы его расчёта. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1996. 108 с.

УДК 665.937.6:66.084

### **К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ШИНКОВАННЫХ ЧАСТИЦАХ МОРЕПРОДУКТОВ, ПОДВЕРГАЕМЫХ СУШКЕ В ВЗП**

**В.И. Погонец, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Выявлены особенности процесса сушки измельченных морепродуктов во взвешенно-закрученных потоках. Получено дифференциальное уравнение по определению скорости среды в пограничном слое на частицах.*

В процессе исследований установлено [2], что шинкованные частицы морепродуктов (кальмара, ламинарии, фукусов и др.), подвергаемые сушке в активных гидродинамических режимах в конических сушильных камерах, совершающие закрученное движение по контурам циркуляции, попадают в зону действия направленных струй теплоносителя, выходящего из каналов газораспределительных решеток, получают разгонное движение, т.е. движение, возникающее из состояния покоя. Как показала скоростная киносъемка процесса, каждая частица продукта внезапно приводится в движение, достигает окончательной постоянной скорости очень быстро, аналогично движение всех частиц в камере, т.е. они приводятся в движение рывком.

В таком случае в системе координат, жестко связанной с поверхностью отдельно взятой частицы, скорость течения теплоносителя будет равна

$$\left. \begin{array}{l} U(x,t)=0 \text{ при } t \leq 0, \\ U(x,t)=U(x) \text{ при } t \geq 0 \end{array} \right\}, \quad (1)$$

причем  $U(x)$  есть скорость потенциального течения около частицы при стационарном движении теплоносителя на восходящем участке контура циркуляции, по которому движется в сушильной камере частица.

Для нестационарного пограничного слоя уравнения, определяющие скорость и температуру потока сплошной среды имеют вид [1]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0; \quad (2)$$

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right); \quad (3)$$

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (4)$$

Интегрирование уравнений нестационарного пограничного слоя (2-4) можно выполнить обычно способом последовательных приближений. Возможность применения этого способа основана на следующих физических соображениях. При движении, возникающем из состояния покоя, член  $v \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$  в уравнении (3), зависящий от вязкости, в первый момент времени, когда пограничный слой ещё очень тонок, имеет особенно большое значение, между тем как конвективные члены, определяющие ускорение, имеют свои нормальные значения. Тогда член, зависящий от вязкости, уравновешивается нестационарным локальным ускорением  $du/dt$  и членом, который зависит от давления и в котором сначала преобладающую роль играет слагаемое  $\partial U / \partial t$ . Введем систему координат, жестко связанную с частицей морепродуктов, подвергаемой сушке, и примем, что теплоноситель натекает на неподвижную частицу. Представим скорость в виде следующей суммы:

$$u(x, y, t) = u_0(x, y, t) + u_1(x, y, t). \quad (5)$$

Тогда на основе только что сказанного получим для первого приближения  $u_0$  дифференциальное уравнение

$$\frac{\partial u_0}{\partial t} - v \frac{\partial^2 u_0}{\partial y^2} = \frac{\partial U}{\partial t}. \quad (6)$$

Так как в соответствии с принятым в гидродинамике упрощением  $\partial U / \partial t = 0$ . Тогда при рассмотрении уравнений пограничного слоя в первом приближении получим вместо дифференциального уравнения (6) более простое уравнение

$$\frac{\partial u_0}{\partial t} - \nu \frac{\partial^2 u_0}{\partial y^2} = 0, \quad (7)$$

причем граничными условиями будут

$$u_0 = 0 \quad \text{при } y = 0, \quad u_0 = U(x) \quad \text{при } y = \infty .$$

Полученное уравнение (7) тождественно совпадает с уравнением одномерного распространения тепла, возникающего при движении плоского тела в своей плоскости в первоначально покоящейся сплошной среде, для решения которого целесообразно применение преобразование подобия с использованием безразмерной переменной  $\eta$  [1, 2]:

$$\eta = \frac{y}{2\sqrt{\nu t}} . \quad (8)$$

В нашем случае использование безразмерной переменной для уравнения (7) и его преобразование приводит к решению

$$u_0(x, y, t) = U(x) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta e^{-\eta^2} \cdot d\eta , \quad (9)$$

где  $U$  – скорость внешнего течения теплоносителя (сплошной среды);  $x, y$  – соответственно продольная и поперечная координаты;  $u_0$  – начальная скорость потока;  $u$  – скорость потока в пограничном слое;  $t$  – время.

Если скорость  $U$  внешнего течения не зависит от  $x$ , т.е. если  $U = U_0 = \text{const}$ , то решение (9) является точным решением уравнения пограничного слоя для частиц морепродуктов, подвергаемых сушке в активных гидродинамических режимах.

В общем случае, когда скорость  $U(x, t)$  внешнего течения изменяется вдоль контура частицы при её обтекании потоком теплоносителя, дополнительно требуется рассмотрение уравнений неразрывности, которые в каждом конкретном случае могут иметь разный вид в зависимости от того, как рассматривается задача: как плоская или осесимметричная, для измельченных частиц морепродуктов, подвергаемых сушке во взвешенно-закрученных потоках теплоносителя.

## **Библиографический список**

1. Лойцянский Л.Г. Ламинарный пограничный слой. М.: Физматгиз, 1962. 480 с.
2. Погонец В.И. Сушка морепродуктов во взвешенно-закрученных потоках: Моногр. Владивосток, 2000. 193 с.

УДК 621.43.063.+536.24

### **АНАЛИЗ И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИМЕНЕЛЬНО К КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Б.И. Руднев; О.В. Повалихина, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Приведена оценка скорости распространения звука в камере сгорания дизельного двигателя и показаны особенности системы дифференциальных уравнений, описывающих процесс конвективного теплообмена в ней.*

Многочисленные экспериментальные данные, полученные на дизельных двигателях различного типа и назначения [1-7] показывают, что процесс конвективного переноса теплоты является доминирующим в суммарном теплообмене между рабочим телом и стенками деталей, образующих внутрицилиндровое пространство (крышкой, поршнем и втулкой цилиндра). В среднем за рабочий цикл этот вид переноса теплоты составляет от 65 до 80 %. Указанные значения относятся ко всему внутрицилиндровому пространству. Локальные (средние за рабочий цикл) значения плотности конвективного теплового потока как в пределах одной поверхности, например, крышки цилиндра, так и в пределах разных поверхностей камеры сгорания (КС) могут иметь отклонения от диапазона 65-80 % по отношению к плотности суммарного теплового потока.

Рабочее тело в КС дизельного двигателя можно рассматривать условно состоящим из ядра потока и пристеночного пограничного слоя. Такое положение получило большое распространение при решении весьма широкого класса задач теплообмена [8-12].

Температурное поле в потоке движущейся жидкости, каковой является рабочее тело в КС дизеля, описывается уравнением энергии, выражющим фундаментальный закон сохранения энергии. Для однородной, химически однородной и изотропной жидкости уравнение энергии имеет вид [10]

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T) + q_v + \beta T \frac{dP}{dt} + \mu \Phi. \quad (1)$$

В уравнении (1) диссипативная функция  $\Phi$  может быть определена по выражению [10]

$$\Phi = 2 \left[ \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 - \left( \frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right)^2 - \frac{2}{3} \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2, \quad (2)$$

где  $v_x, v_y, v_z$  – компоненты скорости жидкости по соответствующим осям прямоугольной декартовой системы координат.

Диссипативная функция, как известно [10], учитывает тепловыделение в потоке, обусловленное диссипацией (рассеиванием) кинетической энергии вследствие действия сил вязкости (эта энергия превращается в теплоту) и впервые была введена Рэлеем.

Применительно к условиям КС дизеля и принятым выше разделением потока рабочего тела на ядро и пристеночную область уравнение (1) может быть упрощено. В частности, считая рабочее тело в ядре потока подчиняющимся законам идеального (совершенного) газа, имеем

$\beta = 1/T$  и  $\beta T \cdot dP/dt = \frac{dP}{dt}$ . При скорости газа (рабочего тела), не пре-

вышающей 0,25 скорости звука, члены  $dP/dt$  и  $\mu\Phi$  малы по сравнению с другими членами уравнения (1), вследствие этого можно принять  $dP/dt + \mu\Phi = 0$  [10]. Покажем, что условие  $v < 0,25a$  (здесь  $a$  – скорость звука) выполняется для КС дизеля типа 8ЧН 13/14 и аналогичных ему высоко- и среднеоборотных дизелей.

Скорость звука для рабочего тела в ядре потока может быть определена по зависимости [13]

$$a = \sqrt{KRT}. \quad (3)$$

Учитывая, что термодинамическая температура рабочего тела в КС дизеля, определенная по экспериментальной и расчетной индикаторной диаграмме, есть функция угла поворота коленчатого вала (ПКВ), то оценим максимальное и минимальное значения скорости звука. Полагая в первом приближении, что рабочее тело в КС обладает свойствами воздуха [14], имеем и при  $R = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;  $T_{\max} = 1900 \text{ К}$ ;  $K = 1,4$

$$a_{\max} = \sqrt{KRT_{\max}} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 1900} = 873,3 \text{ м/с};$$

$$a_{\min} = \sqrt{KRT_{\min}} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 700} = 530,3 \text{ м/с}.$$

По данным различных авторов [2, 15], скорости рабочего тела в дизелях с КС типа ЯМЗ и им подобных лежат в пределах 10-70 м/с. Сопоставление последних со значениями максимальной и минимальной скоростей звука показывает, что условие  $v < 0,25a$  выполняется во всем диапазоне угла ПКВ, при котором передается основная часть теплоты от рабочего тела к стенкам деталей, образующих КС (процессы сгорания и расширения рабочего тела). В соответствии с выполненными оценками по скоростям рабочего тела в КС к нему можно применять законы движения и теплоотдачи, полученные для несжимаемой жидкости ( $\rho = \text{const}$ ).

Как известно [10, 13], для определения полей трех зависимых переменных температуры  $T$ , давления  $P$  и скорости  $v$  для случая описания процесса конвективного теплообмена в ядре потока движущейся жидкости необходимо располагать тремя основными уравнениями: энергии, движения и неразрывности или сплошности потока. Эти уравнения выражают фундаментальные законы сохранения: энергии, количества движения (импульса) и массы. Вместе с тем в указанные выше три уравнения помимо  $T$ ,  $P$  и  $v$  входят физические свойства рабочего тела  $\rho$ ,  $c_p$ ,  $\mu$  и  $\lambda$ , которые в общем случае зависят от  $T$  и  $P$  и поэтому могут изменяться в пространстве и во времени.

Кроме того, в уравнение энергии входит мощность внутренних источников теплоты  $q_v$ , которая также зависит в общем случае от координат и времени [10].

Следовательно, чтобы замкнуть систему уравнений, описывающих процесс конвективного теплообмена в ядре потока рабочего тела в КС, к трем основным уравнениям необходимо добавить зависимости физических свойств жидкости ( $\rho$ ,  $c_p$ ,  $\mu$  и  $\lambda$ ) от  $T$  и  $P$  и зависимости  $q_v$  от координат и времени [10]. Следует заметить, что для большинства случаев величины  $c_p$ ,  $\mu$  и  $\lambda$  очень слабо зависят от давления и при расчете теплообмена этими зависимостями обычно пренебрегают [10].

Из приведенного выше материала можно сделать вывод, что система уравнений, описывающая процесс конвективного теплообмена в потоке вязкой жидкости с переменными физическими свойствами, очень сложна и ее решение в общем виде связано с большими трудностями. Эти трудности вызваны нелинейностью уравнений энергии и движения, обусловленной наличием конвективных членов в их левой части, а также зависимостью физических свойств жидкости от температуры. Вследствие зависимости  $\mu$  и  $\rho$  от  $T$  поля скорости и температуры рабочего тела оказываются связанными. По этой причине уравнения движения и неразрывности нельзя решать независимо от уравнений энергии [10, 13].

Задача существенно упрощается, если предположить, что  $\mu$  и  $\rho$  постоянны. Ранее было показано, что вследствие выполнения в КС ди-

зеля условия  $v < 0,25a$  рабочее тело в ядре потока можно считать несжимаемым ( $\rho = \text{const}$ ). В этом случае уравнение движения и неразрывности становятся независимыми от уравнения энергии, и поле температуры не оказывает никакого влияния на поле скорости. Последнее можно определить, решив уравнение движения и неразрывности. Подставив найденное распределение скорости в уравнение энергии, можно вычислить поле температуры [10, 16].

Применительно к дизелям, имеющим КС типа ЯМЗ, ЦНИДИ, КАМАЗ и им подобным, движение рабочего тела в ядре потока можно считать осесимметричным и перейти от цилиндрической системы координат (трехмерная постановка задачи – координаты:  $Z, r, \phi$ ) к двухмерной, плоской задаче (координаты:  $Z, r$ ).

Рассматривая течения рабочего тела в ядре потока и считая его физические свойства постоянными, получим следующую систему уравнений:

$$\frac{dT}{dt} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{q_v}{c_p \rho}. \quad (4)$$

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z} + v \left( \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right). \quad (5)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + v \left( \frac{\partial^2 v}{\partial Z^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right). \quad (6)$$

$$\frac{dU}{dZ} + \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} = 0. \quad (7)$$

$$q_v = q_v(Z, r, t). \quad (8)$$

Учитывая ранее выполненную оценку по скорости газа в КС, течение рабочего тела в ядре потока можно считать невязким ( $v = 0$ ). Тогда система уравнений (4-8) примет вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial Z} + v \frac{\partial T}{\partial r} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{q_v}{\rho c_p}. \quad (9)$$

$$\frac{dU}{dt} + U \frac{\partial U}{\partial Z} + v \frac{\partial U}{\partial r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z}. \quad (10)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + U \frac{\partial v}{\partial Z} + v \frac{\partial v}{\partial r} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r}. \quad (11)$$

$$\frac{\partial U}{\partial Z} + \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} = 0. \quad (12)$$

$$q_v = q_v(Z, r, t). \quad (13)$$

Рабочее тело в КС дизеля, как показано в [11], можно считать подчиняющимся законам совершенного (идеального) газа, поэтому для него справедлива зависимость

$$P = \rho R T. \quad (14)$$

Тепловыделение в КС, учитываемое в уравнении энергии (9) членом  $q_v$ , усиливает турбулентность рабочего тела и интенсифицирует теплообмен. Непосредственный учет  $q_v$  в уравнении (9) требует по своей сути детального моделирования процесса горения топлива в цилиндре и всех предшествующих ему процессов.

Математическое моделирование турбулентных течений с учетом процессов горения представляет собой отдельную крупную и весьма сложную научную проблему и, как показывают современные исследования, еще далекую от своего полного решения [17]. В связи с этим при определении параметров течения рабочего тела в ядре потока тепловыделение прямым способом в виде отдельного члена в уравнении (9) учесть весьма трудно, поэтому при расчетах в качестве первого приближения предлагается учитывать тепловыделение в потоке рабочего тела косвенным образом через задание соответствующих начальных условий. В частности, начальные условия по давлению, температуре и скорости рабочего тела для двухмерной задачи течения могут быть приняты по данным, полученным в [18, 19]. При этом контроль термодинамических (средних для всего объема КС) значений давления и температуры может быть осуществлен по расчетной или экспериментальной индикаторной диаграмме, т.е. из нульмерного описания процессов в КС.

### **Библиографический список**

1. Костин А.К., Руднев Б.И. Количественные характеристики нестационарного теплообмена в цилиндре высокооборотного дизеля с наддувом // Двигателестроение. 1986. № 11. С. 6-10, 11.
2. Петриченко Р.М., Петриченко М.Р. Конвективный теплообмен в поршневых машинах. Л.: Машиностроение, 1979. 232 с.

3. Руднев Б.И. Математическое моделирование и экспериментальное исследование радиационно-конвективного теплообмена в камере сгорания дизелей. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1995. 120 с.
4. Страдомский М.В., Максимов Е.А. Оптимизация температурного состояния дизельных двигателей. Киев: Наук. думка, 1987. 168 с.
5. Руднев Б.И. Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. Владивосток: Дальнаука, 2000. 221 с.
6. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 592 с.
7. Sławiński Z., Kostin A.K., Rudniew B.I. i in. Badania wimiany ciepła w komorze spalania szybkoobrotowego silnika wysokopreznego // Silnika Spalinowe. 1979. Nr. 1. S. 22-26.
8. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справ. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 376 с.
9. Петриченко Р.М. Физические основы внутрицилиндровых процессов в двигателях внутреннего сгорания. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 244 с.
10. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М.: Энергоатомиздат, 1986. 472 с.
11. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ / Петриченко Р.М., Батурина С.А., Исаков Ю.Н. и др. Л.: Машиностроение, 1990. 328 с.
12. Amsden A.A., Butler T.D. O'Rourke P.J. The KIVA-II computer program for transient multidimensional chemically reactive flows with sprays // SAE Preprints. 1987. No. 872072. 11 р.
13. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976. 888 с.
14. Косяк А.Ф. Влияние состава газа в рабочем цилиндре четырехтактного дизеля на величину коэффициента конвективного теплообмена // Двигателестроение. 1988. № 12. С. 20-22.
15. Gosman A.D., Tsui Y.Y., Watkins A.P. Calculation of three dimensional air motion in model engines // SAE Preprints. 1984. No. 840229. Р. 1-29.
16. Лойцинский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
17. Оран Э., Борис Дж. Численное моделирование реагирующих потоков. М.: Мир, 1990. 660 с.
18. Gosman A.D. Multidimensional modeling of cold flows and turbulence in reciprocating engines // SAE Preprints. 1985. No. 850344. Р. 1-29.
19. Rudnev B.I., Bespalov V.M., Izrailsky Yu.G., Tsitsiashvili G. Sh. A simple model of convective heat transfer in the combustion chamber of diesel engine // Fourth International Symposium on Small Diesel Engines // Journal of Polish CIMAC. Vol. 2. No. 1. Warsaw, Poland, 1996. Р. 177-182.

## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Б.И. Руднев; О.В. Повалихина, Дальрыбвтуз, Владивосток

*На основе метода регистрации колебаний температуры на поверхности стенки цилиндра и положений теории теплообмена предложена зависимость для определения скорости рабочего тела в камере сгорания дизельного двигателя.*

В работе [1] была предложена расчетная зависимость для определения локального конвективного теплового потока в камере сгорания (КС) дизельного двигателя. В указанную зависимость входит скорость внешнего потока рабочего тела  $W_\infty$  или скорость на внешней границе турбулентного пограничного слоя. Величина этой скорости оказывает на локальную плотность конвективного теплового потока основное значение. Выполненное на ЭВМ решение внешней гидродинамической задачи в КС в двухмерной осесимметричной постановке [2] позволило получить соответствующие поля температур, давлений, скорости и плотности рабочего тела в функции угла поворота коленчатого вала. Эти поля составляют основу для расчетного определения локальной плотности конвективного теплового потока от рабочего тела к стенкам КС. Вместе с тем несмотря на тщательный подбор соответствующих начальных и граничных условий при решении внешней гидродинамической задачи, полученные расчетные значения скоростей рабочего тела требуют определенной проверки и сравнения их с экспериментальными данными. Естественно, что для сравнения должны привлекаться экспериментальные значения скорости рабочего тела, полученные на двигателях, близких по своим параметрам, режимам работы и геометрии КС к исследованному. Причем для сопоставления скоростей рабочего тела в КС должны быть взяты их значения, полученные при испытании двигателей на топливе и с применением современных экспериментальных методик, например, с помощью лазерно-допплеровской анемометрии.

С учетом отмеченных выше положений нами была проведена оценка скорости рабочего тела в КС дизельного двигателя 8ЧН 13/14 относительно огневой поверхности крышки цилиндра с использованием метода, предложенного фирмой «Даймлер-Бенц» [3]. Следуя работе [3], приведем основные его положения. Метод основан на известной физической взаимосвязи колебаний температуры поверхности стенок КС и теплоотдачи, которая зависит от скорости движения рабочего тела относительно стенок. Аналитическая сторона этого метода сводится к следующему. Как показано различными исследованиями [4,5], для тонкого слоя стенки КС с достаточной степенью точности можно считать

тепловой поток одномерным. В этом случае дифференциальное уравнение теплопроводности для твердого тела без внутренних источников теплоты можно записать в виде

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Полагая в (1) коэффициент температуропроводности постоянным, можно получить его решение. Наиболее просто интегрирование уравнения (1) осуществляется при граничных уровнях первого рода  $T = T(x, t)$ . Решение при указанных граничных условиях известно [6] и выглядит следующим образом:

$$T = \bar{T}_w - \frac{q_w}{\lambda} x + \sum_{k=1}^{\infty} e^{-x\sqrt{\frac{k\omega}{2a}}} \cdot \left[ A_k \cos\left(k\omega t - \sqrt{\frac{k\omega}{2a}}\right) + B_k \sin\left(k\omega t - \sqrt{\frac{k\omega}{2a}}\right) \right], \quad (2)$$

где  $\bar{T}_w$  – средняя за рабочий цикл температура поверхности КС;  $q_w$  – плотность теплового потока на поверхности КС;  $x$  – расстояние от тепловоспринимающей поверхности;  $A_k, B_k$  – гармонические коэффициенты Фурье для функции  $T = T(x, t)$ ;  $\omega$  – циклическая частота колебаний;  $a$  – коэффициент температуропроводности материала стенки КС.

Продифференцируем (2) по  $x$  и умножим на  $\lambda$ , принимая  $x=0$  (условие для поверхности стенки), получим уравнение, характеризующее теплообмен между рабочим телом и стенками КС двигателя

$$q = \bar{q}_w + \lambda \sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{\frac{k\omega}{2a}} \cdot [(A_k + B_k) \cos(k\omega t) + (B_k - A_k) \sin(k\omega t)], \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала стенки КС.

В соответствии с законом Ньютона-Рихмана плотность теплового потока определяется известной зависимостью

$$q = \alpha(T_g - T_w), \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $T_g$  – температура рабочего тела в КС.

В то же время процесс теплообмена между рабочим телом и стенками КС можно описать известным критериальным уравнением вида

$$Nu = C \text{Re}^m \text{Pr}^n, \quad (5)$$

где  $C$  – постоянная величина.

Выполнив в (5) простые преобразования и раскрыв содержание критериев подобия, для коэффициента теплоотдачи получим следующую зависимость

$$\alpha = Cd^{-0.2}T_g^{-0.515}(wP)^{0.8}. \quad (6)$$

Для поверхностной плотности теплового потока ( $x = 0$ ) и начального момента времени  $t_0$  имеем [3]

$$q_w = -\sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{\frac{k\omega}{2a}} \cdot \lambda [(A_k + B_k)\cos(k\omega t_0) + (B_k - A_k)\sin(k\omega t_0)]. \quad (7)$$

Из (4) следует, что

$$\alpha = \frac{q}{(T_g - T_w)}. \quad (8)$$

Очевидно, что для условий поверхности стенки ( $x = 0$ ) можно написать

$$Cd^{-0.2}T_g^{-0.515}(wP)^{0.8} = \frac{q_w}{(T_g - T_w)}. \quad (9)$$

Подставляя в (9) выражение для плотности теплового потока (7), получим уравнение для скорости рабочего тела в КС двигателя в виде [3]

$$W = \frac{K}{P} \left[ \frac{d^{0.2}T_g^{0.515}}{(T_g - T_w)} \sum_{k=1}^{\infty} \left( \sqrt{k} \sin\left(k\omega \frac{t - t_0}{2}\right) \delta_k \right) \right]^{1.25}, \quad (10)$$

где

$$\delta_k = (B_k - A_k)\cos\left(k\omega \frac{t - t_0}{2}\right) - (A_k + B_k)\sin\left(k\omega \frac{t - t_0}{2}\right); \quad K = \left[ \frac{\sqrt{\lambda c_p \rho} 2\omega}{C} \right]^{1.25}.$$

При практической реализации уравнения (10) число членов ряда  $K$  изменяется не от  $K = 1$  до  $K = \infty$ , а от  $K = 1$  до  $K = m$ , в свою очередь  $m = 36$ . Это позволяет использовать для определения коэффициентов Фурье  $A_k$  и  $B_k$ , входящих в (10), программу для ЭВМ, разработанную в [2] для расчета локальной плотности теплового потока по измеренным колебаниям температуры поверхности КС.

В заключение следует отметить, что уравнением типа (5) описывается процесс конвективного теплообмена, а по уравнению (7) определяется плотность суммарного (сложного) теплового потока. Поэтому чтобы избежать методической ошибки при определении локальной скорости рабочего тела в КС, в уравнение (9) следует подставить значение локальной плотности конвективного теплового потока. Последний может быть получен с учетом экспериментальных и расчетных данных по величинам локального радиационного теплового потока.

### **Библиографический список**

1. Руднев Б.И. Расчетная зависимость для определения локального конвективного теплового потока в камере горения дизельного двигателя // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвуз, 2007. Вып. 19. С. 86-91.
2. Руднев Б.И. Процессы локального теплообмена в камере горения дизелей. Владивосток: Дальннаука, 2000. 221 с.
3. Bargende M., Rutter R.G. Ermittlung der Ladungs bewegung in motorischen Brennraumen durch Messung instationärer Oberflächen – temperaturverlante // MTZ. 1986. Nr. 12. S. 533-538.
4. Овсянников М.К., Давыдов Г.А. Тепловая напряженность судовых дизелей. Л.: Судостроение, 1975. 256 с.
5. Чайнов Н.Д., Заренбин В.Г., Иващенко Н.А. Техномеханическая напряженность деталей двигателей. М.: Машиностроение, 1977. 152 с.
6. Бузник В.М. Теплопередача в судовых энергетических установках. Л.: Судостроение, 1967. 376 с.

УДК 637.56.031

### **СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛОЧНЫХ УЧАСТКОВ ЛИНИЙ ВЫПУСКА КОНСЕРВОВ**

**Е.А. Супрунова; Ю.В. Поспелов, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Рассматривается уровень механизации и автоматизации самых трудоемких процессов в линиях производства рыбных консервов. Предлагаются рекомендации к изменению положения в области механизации на разделочных участках.*

Механизация и автоматизация производственных процессов оказывают значительное влияние на экономическую эффективность технологических линий выпуска различной продукции. Особенно это ощущается на поточных линиях крупных рыбоперерабатывающих предприятий, где изменение некоторых составляющих элементов отдельного механизированного технологического процесса при выполнении определенной опе-

рации (например, удаление внутренностей у рыб) приводит к модернизации машины и экономическому эффекту от ее осуществления.

Обычно значительную прибыль от внедрения новой техники получают предприятия, технологические линии которых не удовлетворяют требованиям научно-технического прогресса и полумеханизированы. На таких линиях используется много морально устаревшего и физически изношенного оборудования, которое по ряду технических характеристик (производительности, энергоемкости, габаритам и т.д.) значительно уступает новой технике, способной выполнять аналогичные операции. На полумеханизированных линиях довольно широко используется ручной труд.

В области механизации и автоматизации консервных производств сложилась ситуация, когда для выполнения основных операций разделки рыб имеется технологическое оборудование. Некоторые разделочные машины созданы как универсальные и закупаются другими странами. Однако данная техника создавалась в основном для крупных предприятий и не всегда может быть использована на предприятиях малой и средней мощностей из-за малых производственных площадей, небольшого объема выпускаемой продукции и ограниченности ассортимента. Это отрицательно сказывается на состоянии механизации и автоматизации разделочных участков малых предприятий.

Уровень механизации и автоматизации производственных процессов отдельных участков технологических линий определяется по принятой в рыбной промышленности методике с учетом трех показателей [1]:

#### 1. Степень охвата рабочих механизированным трудом

$$C = \frac{P_m}{P} \cdot 100 \%,$$

где  $P_m$  – число рабочих, выполняющих работу механизированным способом (в том числе механизировано-ручным);  $P$  – общее число рабочих, участвующих при выполнении отдельного технологического процесса или имеющихся на рассматриваемом участке.

#### 2. Уровень механизированного труда

$$Y_{mm} = \frac{P_m \cdot K_m}{P} \cdot 100 \%,$$

где  $K_m$  – коэффициент механизации.

Коэффициент механизации характеризуется отношением времени механизированного труда к общим затратам времени на данном оборудовании или рабочем месте

$$K_m = \frac{\sum T_m}{\sum T_{общ}},$$

где  $\sum T_m$  – время механизированного труда на единицу продукции;  $\sum T_{общ}$  – общие затраты времени на единицу продукции.

### 3. Уровень механизации и автоматизации производственных процессов

$$Y_{MП} = \frac{P_m \cdot K_m \cdot K_o \cdot K_n \cdot 100 \%}{P_m \cdot K_m \cdot K_o \cdot K_n + P \cdot \left(1 - \frac{Y_{MП}}{100}\right)},$$

где  $K_o$  – коэффициент обслуживания, выражающий количество единиц оборудования, приходящегося на одного рабочего;  $K_n$  – коэффициент производительности оборудования, выражающий отношение трудоемкости изготовления данного вида продукции вручную к трудоемкости изготовления его на действующем оборудовании.

Степень охвата рабочих механизированным трудом является количественным показателем состояния механизации и автоматизации производственных процессов и участка в целом. Этот показатель изменяется от нуля до ста процентов. Если степень охвата рабочих механизированным трудом равна нулю, следовательно, при выполнении данного технологического процесса используется только ручной труд.

Уровень механизированного труда является первым качественным показателем, который характеризует качество механизации и автоматизации производственных процессов и участка. Коэффициент механизации изменяется в пределах от нуля до единицы, при этом уровень механизированного труда изменяется до 100 %. Низкий уровень механизированного труда (например,  $Y_{MП} < 50 \%$ ) говорит о том, что основная часть производимого продукта выполняется вручную. Часто при исследовании технического состояния производств ограничиваются расчетом двух первых показателей, так как их числовые значения могут достаточно полно характеризовать полумеханизированные, механизированные, а иногда и комплексно-механизированные разделочные участки линий. Особенно это приемлемо для малых и средних предприятий, где про автоматизацию производственных процессов говорить рано.

Рассмотрим пример расчета уровня механизации (по двум показателям) разделочного участка механизированной линии производства консервов из рыб (малое, среднее предприятие). На участке имеется следующее оборудование: дисковые рыборезки, разделочные столы, порционирующая машина и сетчатый транспортер с моечным устройством.

Технологический процесс разделки рыбы осуществляется следующим образом. С помощью дисковых рыборезок производится отрезание головы, срезание плавников и вспарывание брюшной полости рыб. Далее сырье подается на стол дозачистки, где вручную производятся удаление внутренностей и мойка тушек с помощью гидроструи. Порционирование тушек рыбы осуществляется порционирующей машиной, загрузка которой производится вручную. После этого нестандартные кусочки отсортировываются и направляются на производство фарша, а стандартные (по высоте банки) передаются на следующий участок консервной линии.

Рабочие, обслуживающие рыборезки, порционирующую машину и сетчатый транспортер с моечным устройством, заняты механизированным трудом, остальные – ручным. Главной трудностью при расчете показателей уровня механизации и автоматизации производственных процессов является выявление общих затрат времени и времени механизированного труда на единицу продукции. В консервной продукции такой единицей является одна туба (тысяча условных банок № 8 вместимостью 353 мм<sup>3</sup>). Для различных видов консервов имеются утвержденные нормы количества сырья, т, необходимого для выпуска одной тубы продукции. Для выявления общих затрат времени и времени механизированного труда производится хронометраж производственного процесса разделки сырья.

В результате хронометража процесса разделки получена табл. 1, в которой показатели охвата рабочих механизированным трудом С и уровень механизации труда  $Y_{mt}$  рассчитаны для отдельных операций.

Таблица 1  
Степень охвата рабочих механизированным трудом и уровень механизированного труда

| Операция   | Затраты труда на одну тубу консервов, человекочас |           | Число рабочих занятых на операциях |            | Показатель, % |          |
|--|---|-----------|------------------------------------|------------|---------------|----------|
|  | $T_m$   | $T_{общ}$ | Труд механизированный $P_m$        | Всего, $P$ | С             | $Y_{mt}$ |
| Разделка рыбы на дисковых рыборезках                   | 1,6   | 2,866     | 6                                  | 6          | 100           | 55,8     |
| Зачистка рыбы с удалением внутренностей и мойкой тушки | 0,2   | 2,461     | 1                                  | 12         | 8,33          | 0,7      |
| Порционирование тушки                                  | 0,3   | 0,430     | 1                                  | 1          | 100           | 69,8     |
| Сортировка кусочков                                    | 0,1   | 0,424     | -                                  | 1          | 0             | 0        |
| Итого по участку                                       | 2,2   | 6,181     | 8                                  | 20         | 40            | 14,2     |

Из таблицы видно, что степень охвата рабочих механизированным трудом при разделке рыбы на рыборезках С = 100 %, однако уровень механизированного труда значительно меньше  $Y_{mt}$  = 55,8 %. Причем производственный процесс разделки сырья не закончен и продолжается операцией зачистки и мойки тушки. На этой операции показатели С = 8,33 %,  $Y_{mt}$  = 0,7 %, так как время механизированного труда по числовой вели-

чине незначительно. Аналогично рассматриваются показатели для остальных операций разделочного участка:  $C = 100\%$ ,  $Y_{mm} = 69,8\%$ ;  $C = 0\%$ ,  $Y_{mm} = 0\%$ . Следовательно, на разделочном участке из четырех операций наиболее механизированы первая и третья, имеющие показатели  $C = 100\%$ . Но качества труда на этих операциях недостаточно, так как рабочие тратят много времени и физических усилий при обработке сырья. Остальные операции процесса разделки рыб с точки зрения механизации и автоматизации выглядят плачевно.

Обобщенную картину по разделочному участку можно получить следующими расчетами.

Степень охвата рабочих механизированным трудом:

$$C = \frac{P_m}{P} \cdot 100\% = \frac{8}{20} \cdot 100\% = 40\% .$$

Коэффициент механизации труда:

$$K_m = \frac{\sum T_m}{\sum T_{общ}} = \frac{2,2}{6,181} = 0,356 .$$

Уровень механизации труда:

$$y_{mm} = \frac{P_m \cdot K_m}{P} \cdot 100\% = \frac{8 \cdot 0,356}{20} \cdot 100\% = 14,2\% .$$

Расчетные данные говорят о том, что качественный показатель уровня механизированного труда крайне низок, степень охвата рабочих механизированным трудом недостаточна. В этом случае рассчитывать следующий качественный показатель уровня механизации и автоматизации производственных процессов  $Y_{mp}$  не имеет смысла.

Анализ состояния механизации разделочных линий консервных заводов береговых и плавучих рыбообрабатывающих предприятий Дальневосточного бассейна, проведенный специалистами Дальрыбтехцентра, представлен в табл. 2 [2].

Из таблицы видно, что степень охвата рабочих механизированным трудом на участках ниже 55,1 %, а уровень механизированного труда ниже 30,6 %. Это можно объяснить тем, что на данных участках консервных заводов использовалась разделочная техника транспортерного типа, однако загрузка машин сырьем осуществлялась вручную. Технологические линии представляли собой набор разделочных машин для разных видов сырья, соединенных сетью транспортных связей для подвода сырья, отвода разделанной рыбы и отходов. Здесь также присутствует ручной труд при распределении потоков сырья к машинам, ремонте техники и регулировке параметров работы рабочих органов разделочных машин.

Таблица 2

**Сводные показатели уровней механизации для разделочных линий консервных производств Дальневосточного бассейна**

| Продукция                | Показатель, % |                 |
|--------------------------|---------------|-----------------|
|                          | C             | У <sub>мт</sub> |
| Береговые предприятия    |               |                 |
| Консервы в масле         | 55,1          | 28,2            |
| Консервы «Сайра в масле» | 33,2          | 18,2            |
| Консервы в томате        | 41,1          | 19,7            |
| Консервы натуральные     | 40,3          | 20,5            |
| Плавучие предприятия     |               |                 |
| Консервы в масле         | 35,8          | 20,5            |
| Консервы «Сайра в масле» | 46,9          | 30,6            |
| Консервы натуральные     | 43,7          | 25,5            |

Анализируя сказанное, можно отметить низкие показатели механизации разделочного участка малого предприятия и довольно невысокие показатели для участков комплексно-механизированных поточных линий, несмотря на то что на них используется разделочная техника классом выше.

Изменить эту ситуацию можно путем внедрения более совершенной техники, так, например, для малых предприятий вполне реально произвести модернизацию рыборезок, установив на одном валу (с противоположных сторон) дисковый нож и щетку для зачистки брюшной полости рыб. Одновременно необходимо создавать малогабаритные, менее энергоемкие и универсальные рыборазделочные машины, внедрять более прогрессивный технологический процесс разделки рыб.

Для крупных предприятий необходимо шире использовать универсальную технику для разделки рыб. Это позволит получить значительный экономический эффект за счет уменьшения количества разделочных линий на одном разделочном участке, ликвидации некоторых транспортных связей и сокращения ручного труда. Одновременно необходимо искать способы механизированной загрузки сырья в разделочные машины, продумывать схемы агрегатирования рабочих органов для выполнения основных и вспомогательных операций.

Создание параллельно-последовательных агрегатированных поточных систем с универсальными рабочими органами резко повысит показатели состояния механизации и автоматизации производственных процессов.

### **Библиографический список**

1. Поступлов Ю.В. Машины, автоматы, поточные линии и их проектирование. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 235 с.
2. Поступлов Ю.В. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. 325 с.