

УДК 664.91
МРНТИ 65.59.29

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВАКУУМНОЙ ФАРШЕМЕШАЛКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА

Вербицкий С.Б.¹, Старчевой С.А.¹

¹*Институт продовольственных ресурсов НААН, Киев, Украина*

Усатенко Н.Ф.²

²*Переяслав–Хмельницкий государственный педагогический
университет им. Г.С. Сковороды, Переяслав–Хмельницкий, Украина*

Крыжская Т.А.³

³*Сумской национальный аграрный университет, Сумы, Украина*

Аннотация

Выполнен анализ научной и технической информации об особенностях процесса перемешивания мясного сырья. Показано, что сырой колбасный фарш является типичным представителем тела с коагуляционной структурой, образуемой сцеплением частиц через прослойки связанной с ними дисперсионной среды и поэтому эффективность процесса перемешивания фаршевых масс оценивают, исходя из критериев дисперсности и однородности их структуры, а также равномерности распределения составных частей. Дана характеристика специализированному технологическому оборудованию, применяемому с этой целью. Дана сравнительная характеристика фаршемешалок горизонтальной и вертикальной компоновки, показаны их преимущества и недостатки. Охарактеризована целесообразность вакуумирования фарша во время перемешивания, благодаря чему исключается возможность проникновения и глубокого внедрения в структуру фаршей пузырьков воздуха, приводящих к образованию воздушных раковин и пор, снижающих качество и хранимоспособность колбасных изделий. Оценена возможность применения фаршемешалок вертикальной компоновки для выполнения массирования мясного сырья. Описаны разработанные конструкции вакуумных фаршемешалок вертикального типа, приведены технологические и конструкторские расчеты, оценены перспективы использования этого оборудования на предприятиях по переработке мясного сырья. Дана подробная характеристика установки Я5 – ФСГ объемом 0,15 м³, которая может эффективно использоваться на небольших и средних мясоперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: перемешивание мясного сырья, фаршемешалка, массирование мясного сырья, вакуумирование фарша, колбасное производство, мясоперерабатывающая промышленность.

THEORETICAL APPROACHES TO DEVELOPMENT AND DESIGN SUBSTANTIATION OF DESIGN OF A VERTICAL TYPE GROUND MEAT MIXER

S. Verbytskyi¹, S. Starchevoi¹

¹*Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine*

N. Usatenko²

²*Pereyaslav–Khmelnitsky Hryhoriy Skovoroda State Pedagogical University,
Pereyaslav – Khmelnytsky, Ukraine*

T. Kryzhskaya³

³*Sumy State Agricultural University, Sumy, Ukraine*

Abstract

The analysis of scientific and technical information about the features of the process of mixing raw meat is carried out. It is shown that raw sausage stuffing is a typical representative of a body with a coagulation structure formed by the cohesion of particles through interlayers of a dispersion medium connected with them, and therefore, the effectiveness of the process of mixing the stuffing masses is evaluated based on the criteria of dispersion and uniformity of their structure, as well as uniform distribution of components. The characteristic is

given to specialized technological equipment used for the said purpose. A comparative characteristic of meat mixers of horizontal and vertical layout is given; their advantages and disadvantages are shown. The expediency of vacuum treatment of ground meat during mixing is characterized, the said treatment eliminating the possibility of penetration and deep penetration of air bubbles into the structure of the meat, leading to the formation of air holes and pores, which reduce the quality and storage capacity of sausages. The possibility of using vertical layout meat mixers for massaging meat raw materials is evaluated. The developed designs of vertical type vacuum meat mixers are described, technological and design calculations are given, the prospects for the use of this equipment at meat processing plants are estimated. A detailed description of the Ya5 – FSG installation with a volume of 0.15 m³ is given, which can be effectively used in small and medium – sized meat processing enterprises.

Key words: mixing of ground meat, ground meat mixer, massaging of raw meat, vacuum treatment of ground meat, sausage production, meat processing industry.

ВАКУУМ МИКСЕРЛІ ВЕРТИКАЛЬДЫ ТҮРІН ЖОБАЛАУДЫ ЖАСАУҒА ЖӘНЕ СУБСТАНЦИЯЛАУҒА ТЕОРИЯЛЫҚ ҚОСЫЛУЛАР

С.Б. Вербицкий¹, С.А. Старчевой¹

¹ҰАҒА Азық – түлік ресурстары институты, Киев, Украина

Н.Ф. Усатенко²

²Г.С. Сковорода атындағы Переяслав–Хмельницкий мемлекеттік педагогикалық университеті, Переяслав–Хмельницк, Украина

Т.А. Крыжская³

³Сумы ұлттық аграрлық университеті, Сумы, Украина

Аңдатпа

Шикі етті араластыру процесінің ерекшеліктері туралы ғылыми – техникалық ақпараттарды талдау орындалды. Шұжықтың шикі салмасы – олармен байланысты дисперсиялық ортаның қабықшалары арқылы бөлшектердің біріктірілуі нәтижесінде пайда болатын коагуляциялық құрылымы бар дененің типтік өкілі екендігі көрсетілді, демек, салмақ массаларын араластыру процесінің тиімділігі олардың құрылымының дисперсиясы мен біркелкілігі, сонымен қатар компоненттердің біркелкі таралуы өлшемдері негізінде бағаланады. Осы мақсатта қолданылатын мамандандырылған технологиялық жабдықтарға сипаттама беріледі. Ет араластырғыштардың көлденең және тік орналасуына салыстырмалы сипаттама берілген, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Араластыру кезінде минемитті вакуумдаудың орындылығы сипатталады, бұл шұжықтардың сапасы мен сақтау қабілетін төмендететін ауа қабықтары мен тесіктердің пайда болуына әкелетін ауа құрылымына ауа көпіршіктерінің ену және терең ену мүмкіндігін болдырмайды. Ет шикізатын уқалау үшін тік төсеу ет араластырғыштарын қолдану мүмкіндігі бағаланады.

Тік типтегі вакуумды ет араластырғыштарының жасалынған конструкциялары сипатталған, технологиялық және жобалық есептеулер берілген, бұл жабдықты ет өңдеу зауыттарында қолдану перспективалары есептелген. Көлемі 0,15 м³ болатын Я5 – ФСГ қондырғысының егжей–тегжейлі сипаттамасы берілген, оны шағын және орта ет өңдеу кәсіпорындарында тиімді қолдануға болады.

Түйінді сөздер: шикі етті араластыру, ет араластырғыш, шикі етті уқалау, тартылған етті вакуумдау, шұжық өндіру, ет өңдеу өнеркәсібі.

Введение

Мясная промышленность традиционно является одним из наиболее развитых направлений пищевой промышленности Украины. Исходя из традиционного рациона питания населения нашей страны, и беря во внимание сложившуюся, в экономическом, географическом и историческом контексте, структуру отечественного агропромышленного комплекса, производство мяса и мясных продуктов было и остается одним из приоритетных направлений обеспечения продовольственной

безопасности Украины. С другой стороны, нельзя не отметить, что на современном этапе деятельность мясоперерабатывающих предприятий сопряжена с многочисленными трудностями, к числу которых относятся, в частности, недостаток современного технологического оборудования и перманентный рост цен на энергоресурсы [1].

Многочисленные виды мясных фаршевых продуктов являются базовой продукцией мясоперерабатывающих предприятий, и поэтому совершенствование процессов, составляющих технологическую цепочку их производства, может существенно увеличить его эффективность и улучшить качество продукции [2]. Процессы механической обработки сырья на волчках, куттерах и фаршемешалках вызывают изменения мышечных и жировых тканей, что, наряду с влиянием добавляемых ингредиентов, имеет большое значение для производства, в том числе для обеспечения надлежащей влагоудерживающей способности, способности к взаимной адгезии частиц мышечной и жировой ткани и т.д. [3]. Мясные фарши относятся к дисперсным средам, включающим в себя твердую, жидкую и, частично, газовую фазу [4]. Сырой колбасный фарш является типичным представителем тела с коагуляционной структурой, образуемой сцеплением частиц через прослойки связанной с ними дисперсионной среды. Неоднородная дисперсная фаза в нем представлена белковыми частицами и агрегатами, частицами жира, мельчайшими обрывками мышечной и жировой ткани, непрерывная фаза – водным раствором некоторых мышечных белков, прочих органических соединений, а также хлорида натрия и других электролитов. Растворенные в непрерывной фазе белки придают фаршу клейкость и пластичность. По мере удаления жидкой фазы, сопровождающейся возникновением более прочных связей между частицами, из конденсационных структур образуются коагуляционные, например фарши готовых вареных и сырокопченых колбас [5].

Эффективность процесса перемешивания фаршевых масс оценивают, исходя из критериев дисперсности и однородности их структуры, а также равномерности распределения составных частей [4]. Процесс перемешивания определяют, как равномерное распределение компонентов многокомпонентной системы вследствие их принудительной взаимной конвективной диффузии при вращении лопастей смесителя, которым приходится преодолевать сопротивления, обусловленные контактом частиц разных компонентов смеси [6]. Процесс смешивания компонентов происходит от того, что в дисперсной системе создаются градиенты скоростей между слоями: чем больше перепад скоростей от слоя к слою, и чем меньше разница в величине градиента скоростей по объему смесителя, тем этот процесс эффективнее. При большом рабочем объеме мешалки указанные выше условия соблюдения сложнее. Одним из основных условий однородного распределения компонентов перемешиваемой системы является создание градиентов скоростей сдвиговых деформаций, достаточных для достижения наименьшего уровня вязкости. Сдвиговое деформирование при высокой скорости перемешивания и разрывы плотности в смешиваемой системе не способствуют желаемой однородности взаимного распределения фаз, а при высокоскоростном режиме потребляемая мощность резко возрастает. В общем балансе потребления электроэнергии на мясоперерабатывающем предприятии 55% составляют энергозатраты холодильного оборудования, 25% – различных измельчителей, 11% –

вентиляционной техники, 6% – наполнителей, и лишь 3% приходится на все остальное технологическое оборудование, включая устройства для перемешивания [7].

Фаршемешалки используют для обработки фаршей всех видов колбасных изделий, за исключением тонкодисперсных. В последнем случае применяют куттеры, в чашах которых перемешивание сырья осуществляется одновременно с его тонким измельчением. Впрочем, при использовании для тонкого измельчения эмульсификаторов различной конструкции, для перемешивания фаршей также задействуют фаршемешалки. Эти машины относятся к наиболее востребованному мясоперерабатывающему оборудованию. Их конструкции и типоразмеры исключительно многообразны, поэтому производители могут оптимальным образом подобрать способ перемешивания, тип машины и используемых рабочих органов, их форму и скорость, исходя из предполагаемых условий процесса: объема, вида и состояния перемешиваемых масс, требуемой степени однородности перемешанной смеси, соотношения составляющих ее компонентов и т.д.

Специалисты по оборудованию мясной промышленности различают две большие группы фаршемешалок: с горизонтальным и вертикальным расположением рабочего вала (рабочих валов) [2]. Если первому типу указанных машин посвящены многочисленные научные и технические источники – например, [8, 9] – то информация о фаршемешалках вертикального типа достаточно фрагментарна. Еще одной важной характеристикой машин указанного назначения является наличие либо отсутствие вакуумирования перемешиваемой массы в рабочей полости [2]. Подавляющее большинство фаршемешалок вертикального типа относятся к вакуумным машинам, однако атмосферные устройства машиностроительными фирмами также выпускаются [10].

Типичные фаршемешалки вертикального типа (Рис. 1) устроены таким образом, что перемешивание пищевой массы осуществляется в деже, закрепленной на раме с помощью осей, которые обеспечивают возможность поворота в вертикальной плоскости. Непосредственно к нижней части дежи прикрепляют привод, ведущий вал которого, снабженный соответствующими уплотнениями, передает вращение рабочим органам. Массивная крышка герметически замыкает рабочий объем, что позволяет вакуумировать находящийся в нем фарш. Современные фаршемешалки вертикального типа характеризуют следующие опции: механический привод дежи и крышки; возможность регулировки высоты выгрузки; наличие чистящего скребка для внутренней поверхности дежи; возможность автоматической загрузки; наличие сменных рабочих органов для разных продуктов и условий обработки; возможность смены уплотнений рабочего вала без разборки привода; нагрев, в том числе путем подачи внутрь острого пара; охлаждение; вакуумирование; компьютерное управление с возможностью фиксации рабочих параметров.



Рисунок 1 Современная вакуумная фаршемешалка фирмы Rühle (Германия)

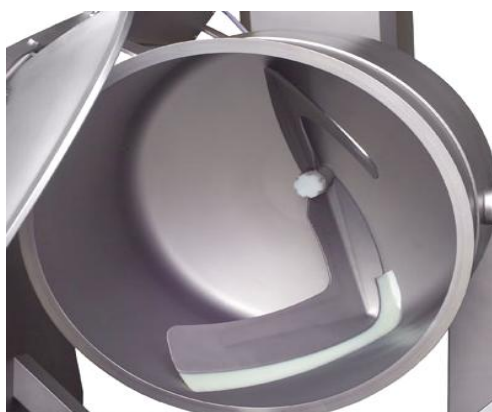


Рисунок 2 Фаршемешалка вертикального типа фирмы Vakopa (Германия):
дежа с рабочим органом

И фаршемешалки горизонтальной, и машины вертикальной компоновки можно также использовать для массажира среднегокускового и мелкокускового мясного

сырья. С указанной целью на фаршемешалке вертикальной компоновки перемешивающих лопастей устанавливают Г – образную массирующую лопасть, либо применяют универсальные комплекты рабочих органов (Рис. 2), позволяющие использовать машину и для перемешивания фарша, и для массирования мясного сырья.

Ученые и конструкторы ИПР НААН разработали ряд типоразмеров вертикальных машин для перемешивания фаршевых масс с возможностью использования указанного оборудования для массирования мясного сырья. Первым разработанным и изготовленным образцом была вертикальная вакуумная фаршемешалка Я5 – ФФВ (Рис. 3) с емкостью рабочей дежи 0,08 м³. Эта экономичная универсальная машина предназначена для оснащения небольших мясоперерабатывающих предприятий.

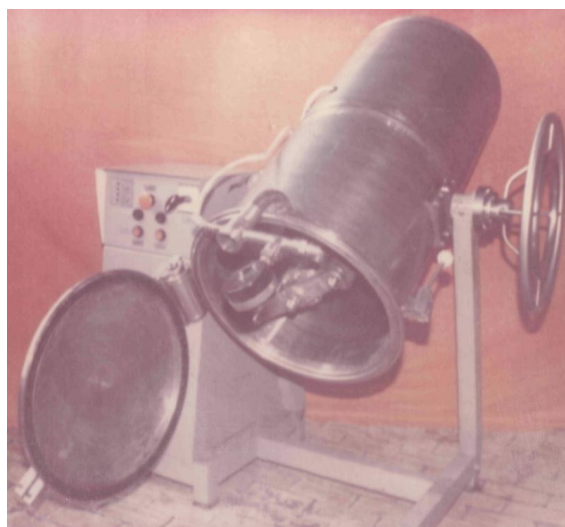


Рисунок 3 Вакуумная фаршемешалка вертикального типа Я5 – ФФВ – разработка
ИПР НААН

Следующим этапом работы над вакуумными перемешивающими/массирующими устройствами вертикального типа стала разработка установки Я5 – ФСГ с емкостью рабочей дежи 0,15 м³. Основанием, на котором крепятся все узлы и детали установки, является станина сварной конструкции (1). Закрытая герметичной крышкой цилиндрическая дежа (2) с рабочими органами (7) полуосями крепится к станине и служит для перемешивания мясного сырья и приготовления вакууммированного фарша при производстве колбасных изделий, а также для подготовки сырья при производстве соленых мясных изделий. Привод (3) состоит из электродвигателя, клиноременной передачи и редуктора, с выходным валом которого соединен вал рабочих органов. В верхней части дежи расположен вакуумпровод с манометром и кран для сброса вакуума. Вакуум в рабочей полости создается насос-компрессором (4). Пульт управления (5) представляет собой шкаф, в котором расположена пусковая аппаратура управления установкой. Электрооборудование обеспечивает выполнение технологических операций в соответствии с установленным режимом обработки. Опрокидывающее устройство (6) представляет собой червячную пару с ручным приводом и служит для поворота дежи вокруг горизонтальной оси на 135°, чем обеспечивается выгрузка продукта. Все детали и сборочные единицы, контактирующие с продуктом, выполнены из коррозионностойкой стали.

Работа установки осуществляется следующим образом. В дежу загружается мясное сырье и другие компоненты, предусмотренные рецептурой, закрывается крышка, включается привод установки, а затем, насос – компрессор. После окончания процесса перемешивания выключается привод установки, выключается насос – компрессор, открывается пробко – спускной кран, открывается крышка, дежа опрокидывается, и продукт выгружается.

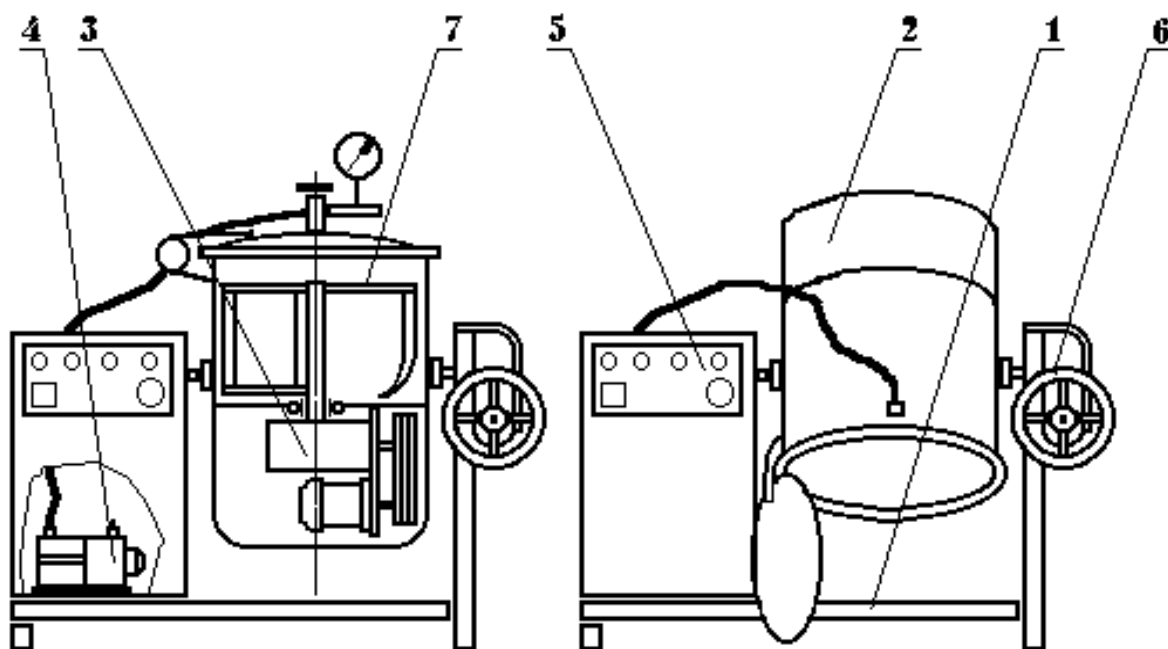


Рисунок 4 Схема вакуумной установки Я5–ФСГ для перемешивания/массирования мясного сырья (геометрическая вместимость 0,15 м³, мощность привода 2,2 кВт, мощность привода вакуумного насоса 0,37 кВт, масса 290 кг, габариты 1300х800х1750 мм)

Система управления установкой Я5 – ФСГ состоит из пульта управления (фасад изображен на Рис. 5, электропривода, показывающего электроконтактного вакуумметра и насос – компрессора).

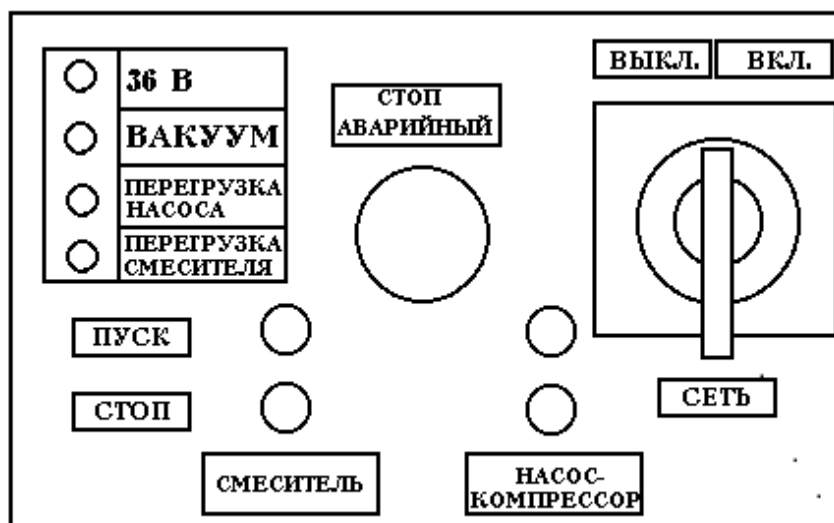


Рисунок 5 Фасад пульта управления установкой Я5–ФСГ

Система управления установкой Я5 – ФСГ реализует следующие управляющие и информационные функции:

- управление электроприводом установки;
- автоматическое управление электроприводом насоса – компрессора;
- защита электродвигателей от самовключения при восстановлении питания после его отключения;
- автоматическая защита (отключение электродвигателей при перегрузке и токах короткого замыкания);
- индикация перегрузки электродвигателя установки;
- индикация перегрузки электродвигателя вакуумного насоса;
- индикация наличия вакуума в емкости;
- индикация наличия напряжения питания цепей управления «36 В».

Были выполнены расчеты для определения основных конструктивных параметров установки Я5 – ФСГ.

Производительность установки определяли по формуле:

$$Q = 60 \text{ а} \frac{V \times q}{T} = 60 \times 0,6 \frac{0,15 \times 1100}{15} = 396 \text{ кг/ч}$$

где: а – коэффициент заполнения месильной дежи установки (обычно а = 0,6 – 0,7);

V – объем месильной емкости смесителя, V = 0,15 м³;

q – удельный вес фарша, q = 1100 кг/м³;

T – длительность цикла, принимаем T = 15 мин.

Мощность электродвигателя смесителя определяем по удельному расходу энергии

$$N = \frac{q_1 \times Q}{k} = \frac{2,5 \times 0,396}{0,61} = 1,62 \text{ кВт}$$

где: q₁ – удельный расход энергии на 1 т фарша, q₁ = 2,5 – 2,6;

k – к.п.д передач, $k=0,64 \times 0,96 = 0,61$.

По полученным данным и с учетом кратковременных перегрузок принимаем электродвигатель типа АИР90L4БПУЗ ($N=2,2\text{ кВт}$, $n=1500\text{ об/мин}$).

Из конструктивных условий применили насос – компрессор типа ЗНВР – Д, быстрота действия при давлении на входе 100 МПа (750 мм.рт.ст) – $2,5\text{ л/с}$. Предельное остаточное давление, Па (мм. рт. ст), не более – $0,665 \times 10^4$ (50). $N_{эл}=370\text{ Вт}$.

Определили требуемый крутящий момент на тихоходном валу редуктора по формуле:

$$M_T = z_1 \times P_1 \times L_1 + z_2 \times P_2 \times L_2$$

где: z_1 – количество перемешивающих лопастей (конструктивно принимаем $z_1 = 1$);

z_2 – количество чистящих лопастей (конструктивно принимаем $z_2 = 1$);

L – расстояние от оси смесителя до точки приложения усилия (конструктивно $L_1 = 0,23\text{ м}$, $L_2 = 0,174\text{ м}$);

P – сопротивление испытываемое одной лопастью

$P = \sigma \times F$, Н;

где: F – лобовая поверхность лопасти, м^2 (конструктивно $F_1 = 0,0309\text{ м}^2$, $F_2 = 0,0245\text{ м}^2$);

σ – соответствующее удельное сопротивление, Н/м^2 ;

По данным [12]:

$\sigma = \sigma_0 + a v$,

где: σ_0 – удельное начальное сопротивление, Н/м^2 (принимаем $\sigma_0 = 13000\text{ Н/м}^2$);

a – постоянный параметр, зависящий от вида фарша (принимаем $a = 8000$);

v – скорость движения соответствующей лопасти, м/с

$$v = \frac{\pi \times n \times L}{30}$$

Принимаем $n = 23\text{ об/мин.}$, тогда:

$$\begin{aligned} M_T &= z_1 \times P_1 \times L_1 + z_2 \times P_2 \times L_2 = \\ &= z_1 \left(\sigma_0 + a \frac{\pi \times n \times L_1}{30} \right) L_1 F_1 + z_2 \left(\sigma_0 + a \frac{\pi \times n \times L_2}{30} \right) L_2 F_2 = \\ &= 1 \left(13000 + 8000 \frac{3,14 \times 23 \times 0,23}{30} \right) 0,23 \times 0,0309 + \\ &+ 1 \left(13000 + 8000 \frac{3,14 \times 23 \times 0,174}{30} \right) 0,174 \times 0,0245 = 190\text{ Н м.} \end{aligned}$$

По полученным результатам выбираем редуктор 2Ч-80-56-4-1-У2 с передаваемым крутящим моментом 200 Нм.

Также выполнены и другие необходимые технологические, кинематические, динамические и прочностные расчеты.

Особое внимание было уделено надлежащему обустройству вакуумной системы установки, поскольку вакуумирование фарша при перемешивании призвано исключить возможность проникновения и глубокого внедрения в структуру фаршей пузырьков воздуха, приводящих к образованию воздушных раковин и пор, снижающих хранимоспособность и ухудшающих вид колбасных изделий на срезе, а также препятствующих стабильной работе колбасных наполнителей-дозаторов при формировании батонов равной массы. Согласно действующим нормативным документам, вакуумная система фаршемешалки (вакуум-насос, вакуумная ловушка, регулирующие устройства, вакуумпроводы) должна быть герметичной, конструкция участка вакуумной системы, не подвергаемого санитарной обработке (мойке), должна исключать возможность проникания в систему продукта или моющей жидкости. Испытания показали, что разрежение в рабочей полости от 0,025 до 0,040 МПа достигалось не более, чем за 30 с. По достижении требуемой глубины вакуума происходит автоматическое отключение вакуумного насоса, после чего снижение глубины вакуума не превышало 10 % достигнутого значения в течение 5 мин.

При обосновании конструкции и расчетах учитывали, в основном, работу устройства в качестве фаршемешалки, поскольку массирование мясного сырья относится к сложным гидромеханическим процессам [13], требующим отдельных подходов при изучении. С другой стороны, выполнение технологических функций массажера мяса на том же универсальном оборудовании, что и перемешивания фаршевых масс, позволяет собственникам небольших мясоперерабатывающих предприятий сокращать затраты на оснащение производства специализированным технологическим оборудованием. Вертикальные вакуумные фаршемешалки не являются наиболее сложным и высокотехнологичным оборудованием, которое целесообразно закупать по импорту – машиностроительные предприятия Украины вполне могут освоить производство указанных машин разных типоразмеров в необходимом для мясопереработчиков количестве [14].

Заключение

Перемешивание мясного сырья является одной из основных технологических операций колбасного производства, поэтому следует задействовать для выполнения этого энергоемкого и важного для обеспечения надлежащего качества продукции процесса современное эффективное специализированное оборудование – фаршемешалки. Конструктивно указанные машины выполняют согласно двум компоновочным схемам – горизонтальной и вертикальной. Первая обеспечивает несколько более интенсивное перемешивание фаршей, а вторая отличается большей универсальностью, поскольку вертикальная машина, после несложной переналадки, может быть использована в качестве массажера мяса. Кроме того, вакуумирование рабочей полости мешалки при вертикальной компоновке более просто осуществить в конструктивном плане. Вертикальная вакуумная фаршемешалка Я5 – ФСГ в полной мере соответствует технологическим и конструктивным требованиям к оборудованию такого назначения и может эффективно использоваться на небольших и средних мясоперерабатывающих предприятиях.

Литература:

1. Kovalenko, O. Influence of world trends and peculiarities of national economy on development of meat industry of Ukraine / O. Kovalenko, H. Lysenko, S. Verbytskyi // The Scientific Journal of Cahul «Bogdan Petriceicu Hasdeu» State University. – 2017. – No. 1(1). – p. 18 – 26.
2. Вербицкий, С.Б. Оборудование для эффективного перемешивания фаршевых систем / С.Б. Вербицкий // Мясной бизнес. – 2016. – № 11(161), с. 50 – 52.
3. Sielaff, H. Chemisch–physikalische Vorgänge bei Zerkleinerungs– und Mischprozessen / H. Sielaff, H. Schleusener // Fleischerei Technik International. – 2005. – No. 3–4. – P. 22 – 27.
4. Черевко О.І., Поперечний А.М. / Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / Харк. держ. акад. технол. та орг. харчування. – Харків, 2002. – 420 с.
5. Янчева, М. О. Фізико–хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів: Навч. пос. / М.О. Янчева, Л.В. Пешук, О.Б. Дроменко – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 304 с.
6. Влияние биологически активных добавок и технологических факторов на мясные фаршевые изделия: Монография / А.Т. Васюкова, Я.С. Медведовский, А.И. Ярошева; – Донецк, Донбасс, 2002. – 216 с.
7. Becker, M. Energieeffizienz in der Kälte– und Klimatechnik durch adäquaten Einsatz von Automatisierungstechnik / M. Becker // Vortrag DKV–Bezirksverein Stuttgart, Sindelfingen, – 2006. – P. 1–57.
8. Ангелюк, В.П. Оптимизация рабочего органа для перемешивания фаршевых систем / В.П. Ангелюк, Ф.Я. Рудик, П.С. Попов, А.В. Попова, А.А. Морозов // Вестник Саратовского госуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 5. – С. 33 – 36.
9. Ангелюк, В.П. Разработка устройства для перемешивания и контроля качества мясных фаршевых систем / В.П. Ангелюк, П.С. Попов, А.В. Попова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 3. – с. 223 – 234.
10. Baureihen zeichnen sich durch schnelle Einsatzbereitschaft aus. Fleischwirtschaft. – 2017. – № 12, P. 87.
11. Loeffler, F. Mischer helfen bei der Schinkenherstellung / F. Loeffler // Fleischwirtschaft. – 2014. – №1, S. 33 – 35.
12. Лапшин, А.А. Основы комплексной автоматизации технологических процессов мясной и молочной промышленности. – М.: Пищ. пром–сть, 1978. – 296 с.
13. Niemann, O. El desarrollo tecnológico tras el masajeo de la carne / O. Niemann // CarneTec. – 30/08/2017.
14. Вербицкий, С.Б. М'ясне виробництво: динаміка розвитку та забезпеченість технологічним обладнанням / С.Б. Вербицкий, Г.П. Лисенко, Г.А. Михайленко // Вісник аграрної науки. – 2015. – № 10 (752). – с. 59 – 63.