

РАЗРАБОТКА ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ЛОПАСТНЫМ НАГНЕТАТЕЛЕМ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЕЁ УЗЛОВ

Борисов В.И., Цыганов Д.В., Кургузкин М.А.

Ключевые слова: разработка, конструкция, тестоделительная машина, параметры, делительный механизм, обоснование, моделирование, нагрузки, эффективность.

Аннотация. В статье описана разработанная конструкция тестоделительной машины с лопастным нагнетателем с улучшенными технологическими и эксплуатационными параметрами ее использования. Описаны устройство, основные конструктивные особенности, принцип работы машины, проведено обоснование конструктивно-геометрических параметров её узлов посредством моделирования современным программным комплексом на основе метода конечных элементов.

DEVELOPMENT OF THE DIVIDING MACHINE WITH VANE SUPPLY AND JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE-GEOMETRIC PARAMETERS OF ITS NODES

Borisov V.I., Tsyganov D.V., Kurguzkin M.A.

Keywords: development, design, dough divider, parameters, dividing mechanism, justification, modeling, loads, efficiency

Abstract. The article describes the developed design of a dough divider with a paddle blower with improved technological and operational parameters of its use. The device, the main design features, the principle of operation of the machine are described, the design and geometric parameters of its nodes are substantiated by means of modeling with a modern software package based on the finite element method.

Одним из важных этапов производства хлебобулочных изделий является разделка теста, целью которой является получение тестовых заготовок заданного веса с оптимальными физико-механическими параметрами [1-4]. Особой технологической операцией в разделке теста является его деление на куски, так как объект обработки сложен и специфичен [1-4].

Процесс деления теста осуществляют на тестоделительных машинах, качественным показателем работы которого является точность веса получаемых кусков. Рабочий процесс тестоделительной машины сложен и требует синхронизации всех рабочих операций, начиная от приемки и передачи теста в рабочую камеру и заканчивая удалением полученных тестовых заготовок заданной массы из неё [1-4].

Тестоделительные машины отличаются достаточно сложной конструкцией и разнообразием принципиальных схем [1-4]. Однако современные конструкции тестоделительных машин отечественного и зарубежного производства в основном представлены конструкциями вакуум поршневого типа [1-4], получившие наибольшее распространение. Активно применяются при делении теста и шнековые нагнетатели [1-4], которым свойственны недостатки в области стабилизация основных параметров процесса деления теста, в частности, давления.

В настоящее время всею большую популярность получают тестоделительные машины с лопастным нагнетателем [1-4], которые являются наиболее новыми конструкциями, и для совершенствования их имеются широкие возможности. Совершенствование этих машин должно идти в направлении значительного упрощения конструкции передаточных механизмов и замены цепных передач, а также снижении энергоёмкости процесса и металлоёмкости конструкции.

С целью повышения эффективности процесса деления теста при производстве хлебобулочных изделий разработана конструкция тестоделительной машины с лопастным нагнетателем с улучшенными технологическими и эксплуатационными параметрами ее использования. Разработанная машина не будет уступать по качеству и каким-либо техническим параметрам аналогам.

Для обеспечения точности конструктивно-геометрических, кинематических характеристик, а также вычисления массовых значений узлов и деталей разработанной машины в системе геометрического моделирования SolidWorks создана ее 3D-модель (рис. 1).



Рис. 1. Твёрдотельная модель разработанной конструкции тестоделительной машины с лопастным нагнетателем

Данный тестоделитель принадлежит к типу делителей с фиксированным ритмом работы. Машина (рис. 1) состоит из сварной рамы, на которую устанавливается рабочая камера. Продукт подаётся в рабочую камеру через загрузочную воронку. Для передачи тестовых заготовок на машину устанавливается ленточный транспортёр. Для предотвращения слипания тестовых заготовок между собой и с транспортной лентой они посыпаются мукой из бункера посыпки, установленного в начале транспортёра. Возвратно-поступательное движение к рычагам машины передаёт эксцентриковый вал. Крутящий момент на вал передаётся от привода через цепную передачу. Крутящий момент на подающие ролики передаётся от привода через цепную передачу.

Рабочая камера машины состоит из корпуса рабочей камеры, с установленными на нем парой подающих роликов, делителем, ножом. Возвратно-поступательное движение ножу передаётся через систему рычагов и перемещающийся вдоль вала ползун.

Рабочий процесс разработанной машины начинается с поступления теста в приемную воронку. Для дальнейшего продвижения и нагнетания в мерный карман делительной камеры тесто захватывается непрерывно движущимися подающими роликами. Нож при этом находится в крайнем верхнем положении, обеспечивая поджатие теста. Отделение необходимой части заготовки от основной массы теста происходит при движении ножа в нижнее положение. Максимальный угол ворота делительного ножа составляет 30° . В этот момент тесто продавливается через фильеру, принимая требуемую форму. Нож поднимается в верхнее положение, делитель поворачивается в исходное положение и цикл автоматически повторяется.

После прохождения через фильеру тестовая заготовка попадает на ленточный конвейер для передачи тестовых заготовок далее по технологической линии. Конвейер автоматически посыпается мукой из бункера посыпки.

Масса тестовых заготовок может регулироваться во время работы машины посредством ручного штурвала.

Машина имеет три независимых привода. Крутящий момент от первого привода передается через цепную передачу на вал эксцентриков.

Вращение эксцентриков обеспечивает поступательное движение колебателей которые обеспечивают интервалы в движении делителя и ножей. Так же на данном валу установлена звездочка, по средствам которой крутящий момент передается на приводной вал ленточного транспортера. Второй привод обеспечивает вращение подающих роликов. Третий привод установлен на валу барабана бункера посыпки. На втором конце барабана имеется кривошипно-шатунный блок, через который колебательные движения передаются на ворошитель.

Таким образом, по сравнению с конструкциями аналогичного типа снижается ее металлоемкость и энергоемкость процесса деления, обеспечиваются меньшие затраты электроэнергии на единицу продукции и простота конструкции машины, а, значит, и более высокая ремонтпригодность.

Для проверочного расчета на прочность и обоснования конструктивно-геометрических размеров делительного механизма машины применен программный комплекс SolidWorks Simulation.

Делительный механизм тестоделительной машины (рис. 2) представляет собой механизм, состоящий из 11 деталей (не включая болтовые и штифтовые соединения): барабана, ножа, основания, двух рычагов делителя, вала, двух тяг, обеспечивающих возвратно-поступательное движение ножа и непосредственно процесс деления теста, а также трех осей. В качестве материалов деталей, контактирующих с продуктом сталь 12X18H10T ГОСТ

5582-75. Для барабана делителя выбрана оловянистая бронза БрО10 ГОСТ 613-79. Для всех остальных деталей выбрана сталь 45 ГОСТ 1050-88.

На элементы конструкций сборочного узла делительного механизма при расчете принимались следующие параметры и значения креплений и нагрузок: зафиксированный шарнир (наружные поверхности вала, в местах установки подшипников); зафиксированная геометрия (торцевые поверхности вала и основания барабана); ролик/ползун (нижняя поверхность ножа делителя, имитирующая его возвратно-поступательное движение). Болтовые и штифтовые соединения деталей делительного механизма заменялись соответствующими типами контактов.

Необходимый для преодоления сопротивления вращению цилиндра делителя крутящий момент принимался равным 498 Н·м, исходя из реальных условий эксплуатации машин указанного типа.

Валковые нагнетатели применяют для создания необходимого давления в камере деления, величину которого принимаем 0,08 МПа. Общая схема креплений и нагрузок, действующих на модель узла делительного механизма машины в SolidWorks Simulation, представлена на рисунке 2.

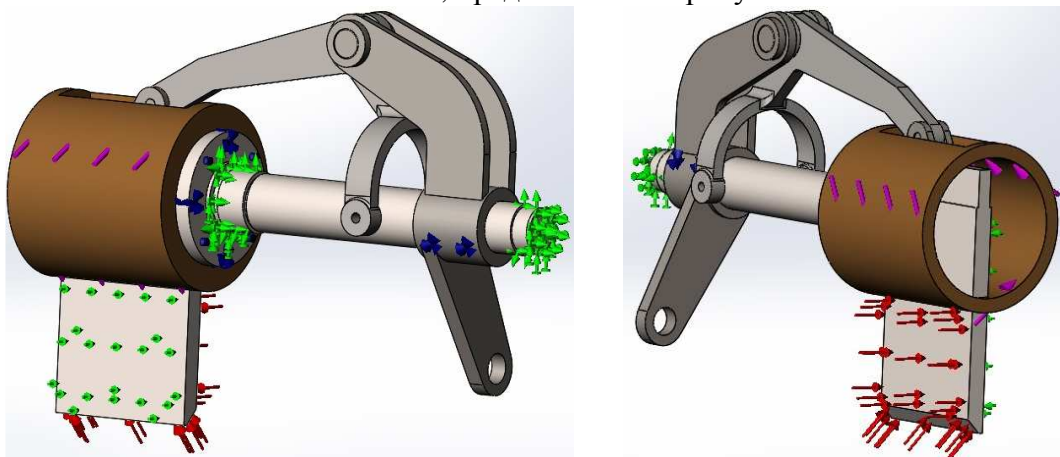


Рис. 2. Схема креплений и нагрузок на твердотельную модель сборочного узла делительного механизма тестоделительной машины

Для обеспечения точности вычислений твердотельные модели узла делительного механизма с помощью сеточного генератора были разбиты соответственно на 775726 узлов и 523401 конечных элементов (рис. 3).

По результатам вычислений были построены эпюры напряжений по Мизесу, абсолютных перемещений и запаса прочности (рис. 4-6).

Анализ полученных при расчете эпюр показал, что наиболее нагруженным элементом механизма является барабан делителя в месте прямоугольного проточки для осуществления возвратно-поступательного движения ножа, то есть в самом тонком месте. Указанное место барабана делителя является зоной концентраций напряжений, чье максимальное значение достигает $2,919 \cdot 10^7$ Н/м² при минимальном коэффициенте запаса прочности равном 7,534.

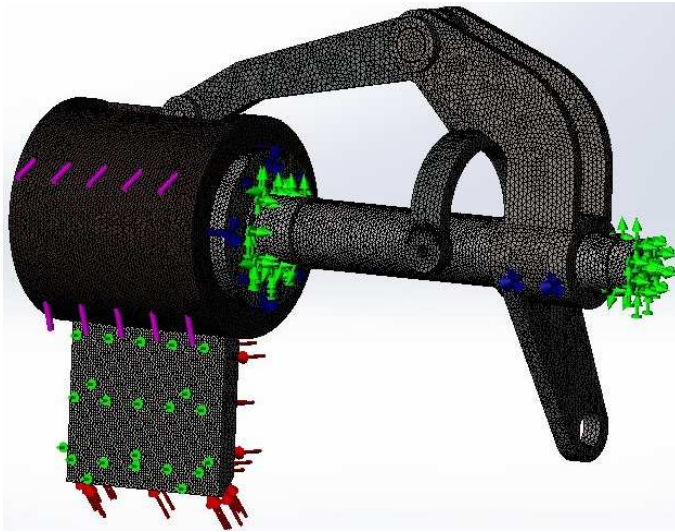


Рис. 3. Сетка конечных элементов твердотельной модели сборочного узла делительного механизма тестоделительной машины

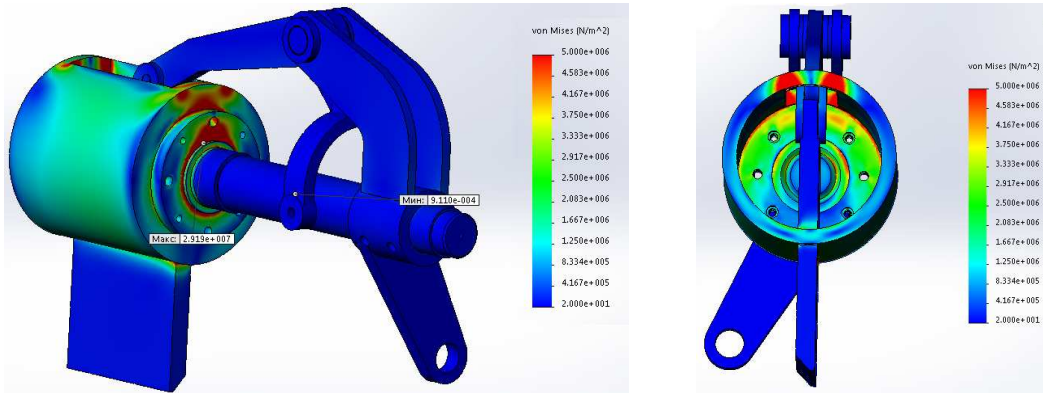


Рис. 4. Эпюры напряжений твердотельной модели сборочного узла делительного механизма тестоделительной машины

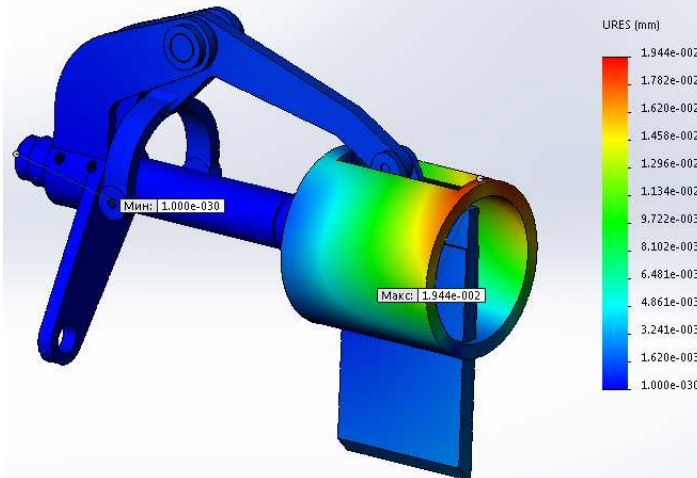


Рис. 5. Эпюры напряжений твердотельной модели сборочного узла делительного механизма тестоделительной машины

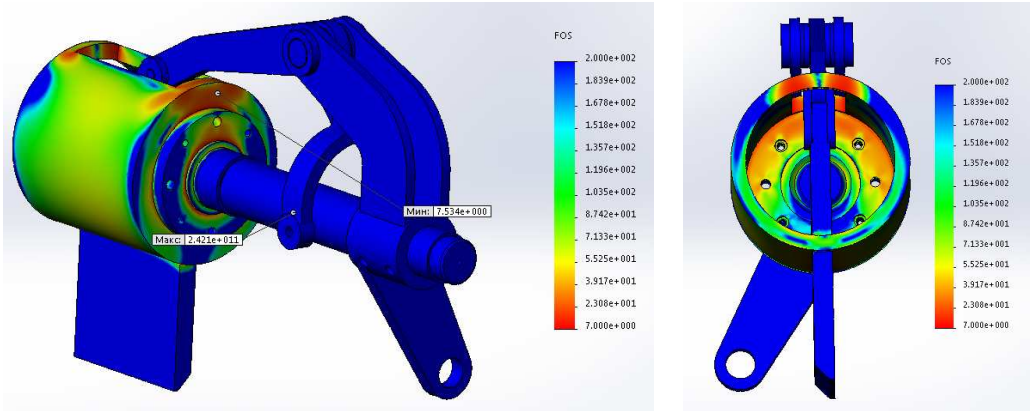


Рис. 6. Эпюры напряжений твердотельной модели сборочного узла делительного механизма тестоделительной машины

Таким образом, разработана конструкция тестоделительной машины с лопастным нагнетателем с улучшенными технологическими и эксплуатационными параметрами её использования и обоснованы конструктивно-геометрические характеристики основных её узлов.

Список литературы

1. Голубев И.Г. Оборудование для хлебопекарной и макаронной промышленности: каталог / И.Г. Голубев, А.И. Парфентьева, О.С. Серпова. – пос. Правдинский: Росинформагротех, 2008. – 240 с.
2. Калачев М.В. Классификация тестоделителей. Тестоделители зарубежных марок / М.В. Калачев, В.М. Хромеенков, Ю.В. Зуева // Хлебопечение России. – 2007. – №6. – С. 22-23.
3. Борисов В.И. Эксплуатация тестоделительных машин в условиях производства / В.И. Борисов, Е.Г. Мартынова, В.В. Тарасов, О.Н. Тувин // Материалы II Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции «Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства». – Чебоксары: ЧГСХА. – 2020. – С. 83-88.
4. Джакупов А.М. Исследование эффективности работы тестоделительной машины // NOVAINFO.RU. – 2016. – Т. 1, №56. – С. 47-51.

References

1. Golubev I.G. Equipment for the bakery and pasta industry: catalog / I.G. Golubev, A.I. Parfentjeva, O.S. Serpova. – pos. Pravdinsky: Rosinformagrotech, 2008. – 240 p.
2. Kalachev M.V. Classification of dough dividers. Dough dividers of foreign brands / M.V. Kalachev, V.M. Khromeenkov, Yu.V. Zueva // Bakery of Russia. – 2007. – No. 6. – P. 22-23.
3. Borisov V.I. Operation of dough dividing machines in production conditions / V.I. Borisov, E.G. Martynov, V.V. Tarasov, O. N. Tuvin // Materials of the II

National (All-Russian) scientific-practical conference «Prospects for the development of mechanization, electrification and automation of agricultural production». – Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy. – 2020. – P.83-88.

4. Dzhakupov A.M. Research of the efficiency of the dough divider // NOVAINFO.RU. – 2016. – Т. 1, No. 56. – P. 47-51.

Борисов Виталий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции института механики и энергетики, v.i.borisov22@mail.ru	Borisov Vitaly Ivanovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of mechanization of processing of agricultural products of Institute of Mechanics and Power Engineering, v.i.borisov22@mail.ru
Цыганов Денис Владимирович – студент, d.czyganov@mail.ru	Tsyganov Denis Vladimirovich – student of Institute of Mechanics and Power Engineering, d.czyganov@mail.ru
Кургuzкин Михаил Александрович – магистрант, mixa.313@mail.ru	Kurguzkin Mikhail Alexandrovich – undergraduate, mixa.313@mail.ru
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г.Саранск, Россия	Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Received 22.01.2021