

13. Korres G.N. and Manousakis N.M. State estimation and bad data processing for systems including PMU and SCADA measurements, *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 81, no. 7, pp. 1514–1524, Jul. 2011.
14. Zhao, J., Gomez-Exposito, A., Netto, M., Mili, L., Abur, A., Terzija, V., ... & Huang, Z. (2019). Power system dynamic state estimation: motivations, definitions, methodologies and future work. *IEEE Transactions on Power Systems*.
15. Ghahremani E., Kamwa I. Dynamic state estimation in power system by applying the extended Kalman filter with unknown inputs to phasor measurements // *IEEE Transactions on Power Systems*. – 2011. – Т. 26. – №. 4. – С. 2556–2566.
16. Rouhani A., Abur A. Constrained iterated unscented Kalman filter for dynamic state and parameter estimation // *IEEE Transactions on Power Systems*. – 2017. – Т. 33. – №. 3. – С. 2404–2414.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ РОТОРНОЙ РЕЗАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНДИТЕРСКИХ МАСС



Кончина Лариса Владимировна

Кандидат ф-м.наук, доцент кафедры технологические машины и оборудование филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» г. Смоленск



Шанин Вячеслав Алексеевич

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» г. Смоленск

Аннотация. Разработка высокоэффективного технологического оборудования, предназначенного для формования пищевых масс является актуальной научно-прикладной задачей. Необходимость повышения производительности и качества продукции в условиях свободной конкуренции требует инновационных решений в области проектирования машин и аппаратов пищевых производств. Предложенная роторная струнно-резательная установка отвечает требованиям современного производства, позволяя значительно увеличить производительность технологической линии, сохранив высокое качество выпускаемой продукции. Принципиально новая конструкция обладает большим потенциалом для разработки и использования в различных отраслях пищевой промышленности.

Ключевые слова: высокоэффективное оборудование, резание, кондитерские массы, формование, кинематическая схема.

Abstract. The development of highly efficient technological equipment designed for molding food masses is an urgent scientific and applied task. The need to increase productivity and product quality in a competitive environment requires innovative solutions in the design of machinery and apparatus for food production. The proposed rotary string cutting machine meets the requirements of modern production, allowing you to significantly increase the productivity of the production line, while maintaining the high quality of the products. A fundamentally new design has great potential for development and use in various sectors of the food industry.

Key words: high-performance equipment, cutting, confectionery mass, molding, kinematic scheme.

Введение

Современные предприятия стремятся к повышению эффективности производства путем улучшения качества выпускаемой продукции, повы-

шению производительности технологических линий, совершенствования методов контроля качества продукции. Эти цели достигаются оптимизацией производственного процесса путем реорганизации

структурных единиц предприятия, применением новых технологий производства, а также, использованием высокоэффективного оборудования. Высокоэффективное оборудование, применяемое для обработки пищевых материалов, должно отвечать требованиям экологичности, промышленной безопасности и иметь потенциал для широкого применения в рамках технологического процесса [1].

В технологических схемах, применяемых на предприятиях пищевой промышленности, важное значение имеет процесс формования готового продукта. Процесс должен соответствовать технологическим условиям, обеспечивающим безопасность производства и высокое качество изделия. Одним из способов формования продуктов пищевой промышленности является процесс резания. Этот тип обработки применяется для измельчения пищевого сырья, уменьшения размеров полуфабрикатов и придания формы готовым изделиям.

Струнные резательные установки получили широкое распространение в самых разных областях пищевой промышленности. Их применяют для нарезания пастилы, мармелада, суфле, сыров, для отсадки теста, а также нарезки мягких сортов колбасных изделий. В соответствии с требованиями конкретного производства технологическое оборудование, предназначенное для формования готовых изделий

обладает наиболее подходящими техническими характеристиками. Разнообразие обрабатываемых материалов привело к созданию большого количества струнных резательных машин, отличающихся принципом действия, элементами конструкции, величиной производительности и другими параметрами. Наиболее перспективными струнно-резательными машинами являются роторные установки непрерывного действия. Потенциал этого оборудования заключается в очень высокой производительности промышленной линии и широком спектре решаемых технологических задач благодаря непрерывности процесса резки материала и возможности настройки технических параметров установки (применение струн различного диаметра и материала, изменение их шага и количества, перемещение оси ротора, вариативность выбора скорости вращения).

Основная часть

Разрабатываемая установка состоит из ленточного конвейера (2), по которому материал (3) поступает к ротору (1), на которых закреплены струны, которые при вращении ротора совершают движение по траектории (4). Скорости вращения ротора и продольного перемещения конвейера синхронизованы таким образом, чтобы срез был перпендикулярен плоскости поверхности конвейера (рис. 1).

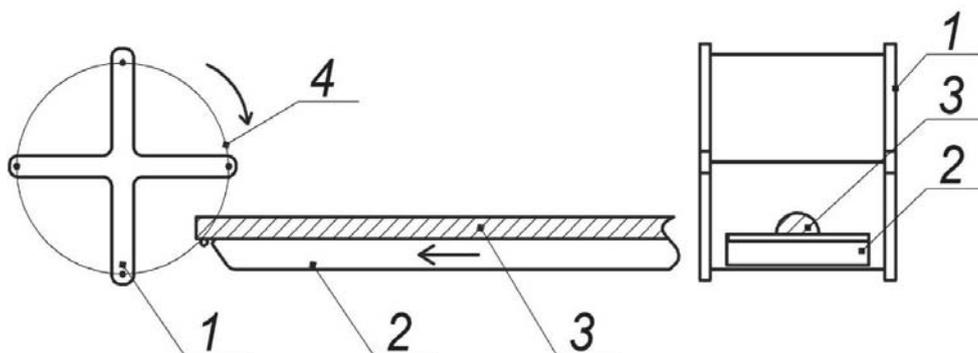


Рис. 1. Принципиальная схема резательной установки

Для того, чтобы понять из каких структурных элементов должна состоять разрабатываемая установка, выполним кинематическую схему механизма (рис.2).

Силовой установкой машины является электродвигатель (1), имеющий определенные показатели мощности и частоты вращения выходного вала. Двигатель посредством муфты (2) соединен с червячным редуктором (3). Выходной вал червячного редуктора передает вращение барабану ленточного конвейера (7) через ременную передачу (4) и крутящий момент на ротор (6) посредством зубчатой передачи (5).

Применив расчет с использованием передаточных отношений, известных из параметров механических передач, можно вычислить интересующие нас скорости и величину крутящих моментов ротора и барабана ленточного конвейера [2]. В общем виде формула выглядит следующим образом:

$$T_p = P_{эд} \cdot v / \omega_p,$$

где T_p – это крутящий момент ротора или барабана конвейера,

ω_p – скорость вращения,

$P_{эд}$ – мощность электродвигателя установки,

v – общий КПД механизма, зависящий от типа используемых механических передач и подшипников.

Зная крутящий момент ротора, в первом приближении можно рассчитать значение силы резания, возникающей на струне:

$$F_p = T_p / R_p,$$

где F_p – это сила резания, направленная по касательной к траектории движения струны,

T_p – крутящий момент ротора,

R_p – радиус обода ротора.

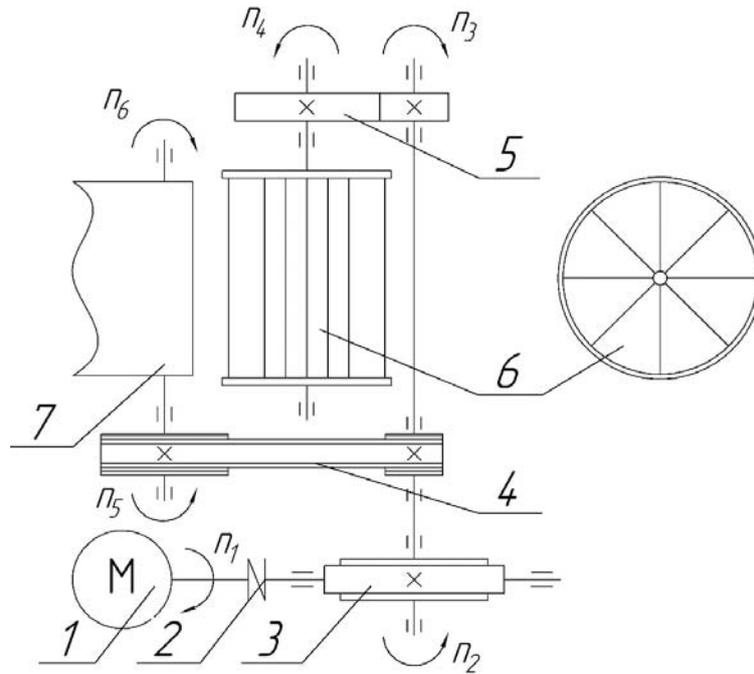


Рис. 2. Кинематическая схема резательной установки

Вычислив значение силы резания, можно провести прочностной расчет элементов конструкции механизма. Определение силовых факторов, возникающих в струне, закрепленной на двух концах представляет собой статистически неопределимую задачу. Пути решения приводят к построению эпюр внутренних поперечных сил и изгибающего момента. Найденные значения позволяют определить наиболее нагруженные участки механизма и вычислить величину предельной прочности конструкции [3].

Чтобы учесть силовые факторы, возникающие при резке продукта вращающейся струной, необходимо составить схему процесса резания (рис. 3).

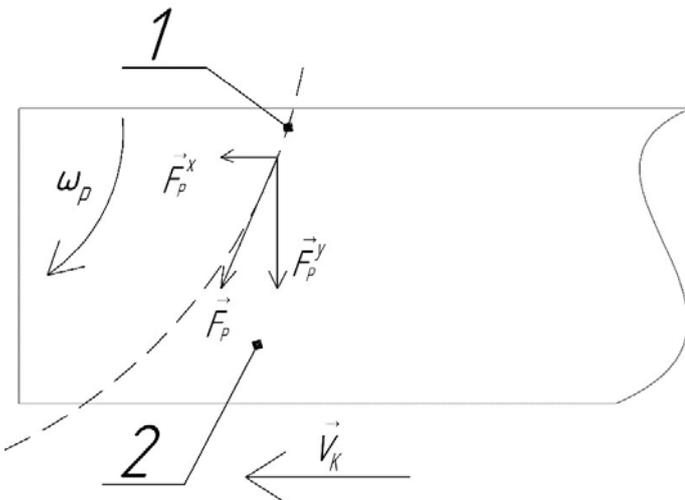


Рис. 3. Схема разрезания материала струной вращающегося ротора

Так как сила резания, направленная по касательной к траектории движения ротора (1) имеет горизонтальную (и вертикальную составляющие (необходимо учесть возможность синхронизации

скорости продольного перемещения материала по ленточному конвейеру и угловой скорости вращения ротора.

Производительность резательной машины подобного типа рассчитывается по формуле:

$$P = n m k \text{ [кг/с]}$$

где n – количество оборотов ротора в секунду,

m – масса материала, отрезаемая за один рез,

k – количество струн ротора.

При использовании 8 струнного ротора, вращающегося со скоростью 1 об/с, установка будет совершать 8 резов материала за 1 секунду. Ширину ленты конвейера примем в соответствии с ГОСТ равной 400 мм. При резке желеиног мармелада в форме долек, на таком конвейере можно разместить 5 полубатоннов полуфабриката. Каждая долька имеет вес 8 г. Итого, за один проход струны установка отрезает 40 г материала. Производительность в таких условиях равна:

$$P = 1 * 0,04 * 8 = 0,32 \text{ [кг/с]} = 19,2 \text{ [кг/мин]} = 1152 \text{ [кг/ч]}$$

Для сравнения, современные технологические линии производства мармелада, имеющие в своем составе гильотинные резательные машины, развивают производительность до 200 кг/ч, что обусловлено особенностями работы установок подобной конструкции. Еще одним конструктивным недостатком пневматических или гидравлических гильотинных установок является износ клапанов, которые даже при большом эксплуатационном ресурсе все же выходят из строя из-за большого количества срабатываний при работе резательной установки.

Выводы

Проектируемая роторная струнно-резательная установка обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогичным оборудованием, исполь-

зубом в составе современных промышленных линий: крайне высокая производительность по сравнению с традиционными резательными машинами, простота механических элементов конструкции, возможность замены резательного органа (струны) и регулировки ее натяжения, низкое энергопотребление за счет оптимизации траектории движения исполнительного органа механизма. Конструкция установки позволяет модернизировать оборудование для решения большого спектра технологических задач, повышая потенциал использования разработки.

Список литературы

1. Шанин В.А. Анализ эффективности конструкционных материалов при проектировании технологического

оборудования / В.А. Шанин, М.А. Новикова, А.С. Кирпичников // Естественные и технические науки. – 2019. – № 5(131). – С. 267–268.

2. Остриков А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учеб. для вузов / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.
3. Шанин В.А. Моделирование процесса резки, применяемого в оборудовании пищевой промышленности / В.А. Шанин, Л.В. Кончина // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – Вып. 34. – С. 271–275.

ВЛИЯНИЕ АКТИВИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ СИНТЕЗОМ, ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГИБРИДНОМ СУПЕРКОНДЕНСАТОРЕ



Сыкчин Алексей Сергеевич

Аспирант Вятского государственного университета.



Коваленко Вадим Леонидович,

К. т. н., старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические технологии и системы», доцент Вятского государственного университета и Украинского государственного химико-технологического университета.



Коток Валерий Анатольевич

К. т. н., старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические технологии и системы», доцент Вятского государственного университета и Украинского государственного химико-технологического университета.



Бурков Андрей Алексеевич

К. т. н., доцент Вятского государственного университета.