

УДК 664.692

В. Я. ГРУДАНОВ, А. Б. ТОРГАН, А. А. БРЕНЧ, В. М. ПОЗДНЯКОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Белорусский государственный аграрный технический университет

(Поступила в редакцию 04.01.2011)

Введение. Современный уровень развития производства и жесткая конкуренция среди ведущих зарубежных и отечественных производителей макаронных изделий обуславливают необходимость создания новых видов оборудования для макаронных изделий, а также усовершенствования существующего. Макаронный пресс состоит из двух самостоятельных машин: тестомесителя с дозирующими устройствами и прессующего устройства. Основным из них является прессующее устройство, состоящее из шнекового канала, нагнетающего шнека, предматричной камеры или тубуса и матрицы с формующими вставками-фильерами. От выбора рациональной конструкции этих элементов зависит производительность прессового оборудования, качество получаемой готовой продукции, долговечность рабочих органов.

В большинстве стран ведется работа по усовершенствованию шнекового макаронного прессы, поскольку он имеет весьма существенные недостатки [1, 2]: при работе прессы уплотненное макаронное тесто выпрессовывается через матрицу не равномерно, а прядями разной длины. Так, при работе на прессе ЛПЛ-2М тесто выпрессовывается в центре с наибольшей скоростью, а по мере удаления от центра скорость прессования уменьшается, вновь увеличиваясь в самых крайних точках. Высокая скорость прессования в центре обусловлена законом течения вязкой пластичной массы в канале круглого сечения. Также можно рассматривать и предматричное пространство, в котором давление максимально в центре и уменьшается в периферийных зонах. Увеличение скорости выпрессовывания у внутренних стенок камеры обусловлено повышением температуры теста приблизительно на 5–7 °С, оно происходит за счет прилипания теста к внутренней поверхности камеры, что, в свою очередь, приводит к интенсивному трению пристенных слоев, при этом механическая энергия превращается в тепловую, вследствие чего температура теста повышается. Разогретое тесто обладает меньшей вязкостью, а значит течет по стенкам матричных отверстий с большей скоростью. Общонаучные данные подтверждают, что увеличение температуры вязкой пластичной массы всего на несколько градусов приводит к увеличению скорости течения в 1,5–2 раза [3]. Между тем разница в скорости выпрессовывания чревата для производителя последствиями: за счет обрезков увеличиваются потери, в связи с разной длиной макарон в готовой продукции повышается доля брака. На распределение скоростей также влияет и работа шнека. Тестовая масса движется по шнековой камере с различными аксиальными скоростями: наибольшей в периферийной зоне и наименьшей в центральной. В предматричное пространство шнеком подается винтообразнозакрученный поток теста. Последним витком создается пульсирующее давление на выходящую массу. Наличие пульсации давления в предматричной камере приводит к неравномерности прессования полуфабриката, что не только уменьшает производительность, но и затрудняет автоматизацию последующих операций [4].

На скорость выпрессовывания теста также влияет и конструкция вкладыш-фильер матрицы. Если тесто, проходя по профилю вкладыш-фильеры, встречает дополнительные сопротивления, то это приводит к уменьшению скорости прессования, увеличению гидравлического сопротив-

ления, повышению энергоемкости процесса, а также к скорейшему истиранию фторопластовых вставок. В результате сокращается срок их эксплуатации и возникает необходимость преждевременной замены.

Таким образом, разработка новой модели формирующего механизма для производства макаронных изделий с оптимизированными параметрами, позволяющая повысить производительность, снизить энергозатраты, улучшить качество получаемой продукции, уменьшить количество брака, является актуальной задачей.

Материалы и методы исследований. В рамках выполнения региональной научно-технической программы «Разработка технологий, технических средств и механизмов, обеспечивающих повышение эффективности сельского хозяйства, промышленности и социальной сферы Минской области на 2007–2010 годы» по теме «Разработать и внедрить новые конструкции формирующих механизмов для изготовления макаронных изделий для филиала «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскобхлебпродукт» на кафедре «Технологии и техническое обеспечение процессов переработки сельскохозяйственной продукции» в 2009 г. были проведены исследования по совершенствованию процесса формирования макаронных изделий на основе разработки новой конструкции матрицы с вкладыш-фильерами с оптимальными геометрическими параметрами.

На филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» с 2005 г. введена в эксплуатацию итальянская линия по производству короткорезанных трубчатых макаронных изделий фирмы FAVA производительностью 9000 кг/ч. Линия укомплектована 10 матрицами итальянского производства стоимостью около 5 тыс. евро каждая, поэтому частая замена матриц с вкладыш-фильерами является достаточно затратной статьей расходов для предприятия, что приводит к увеличению себестоимости конечной продукции. В контексте политики государства, направленной на импортозамещение, разработка и внедрение в производство отечественной матрицы с вкладыш-фильерами с улучшенными характеристиками является крайне актуальной задачей.

В настоящее время на кафедре разработана и изготовлена матрица с вкладыш-фильерой, предназначенная для формирования короткорезанных трубчатых макаронных изделий. Данная матрица создана на основе законов «золотой» пропорции и предпочтительных чисел ряда Фибоначчи, а вкладыш-фильера в матрицу имеет повышенную проходную способность и оптимизированные конструктивные параметры. Для подтверждения положительного эффекта совершенствования конструкции матрицы и вкладыш-фильеры разработан и смонтирован экспериментальный стенд (рис. 1). Он основан на базе пресс-автомата для производства макаронных изделий МИТ-2 ТУ РБ 200167377.002-2001 и контрольно-измерительной аппаратуры для измерения основных параметров процесса формирования макаронных изделий. Контрольно-измерительная аппаратура соединена с компьютерной системой контроля параметров процесса формирования.

Экспериментальный стенд состоит из следующих основных сборочных единиц: смесительного бункера с перемешивающим валом, привода смесительного бункера, бункера экструдера с подающим валом, экструдера со шнеком, матрицы, привода экструдера, сварной рамы с опорами, пульта управления, блока электрооборудования и узла обдува макаронных изделий.

Смесительный бункер 5 предназначен для приготовления теста в виде гранул и представляет собой стальную емкость с дном, выполненным по радиусу, сверху бункер закрывается крышкой. На корпусе смесительного бункера закреплен привод 19, который через червячный редуктор 4 приводит во вращение перемешивающий вал 18, расположенный внутри бункера. Включение привода смесительного бункера осуществляется автономно с пульта управления 24. Смесительный бункер имеет возможность поворота вокруг горизонтальной оси для перегрузки теста в бункер экструдера. Для плавного поворота смесительного бункера оттягивается рукоятка фиксатора и осуществляется поворот на 90° в сторону бункера экструдера. Перед опрокидыванием поднимается крышка бункера. Для предохранения от случайного травмирования крышка бункера снабжена путевым выключателем 20. Перегрузка готового теста из смесительного бункера в бункер экструдера осуществляется вручную. Бункер экструдера представляет стальную емкость с дном, выполненным по радиусу и предназначен для питания экструдера гранулирован-

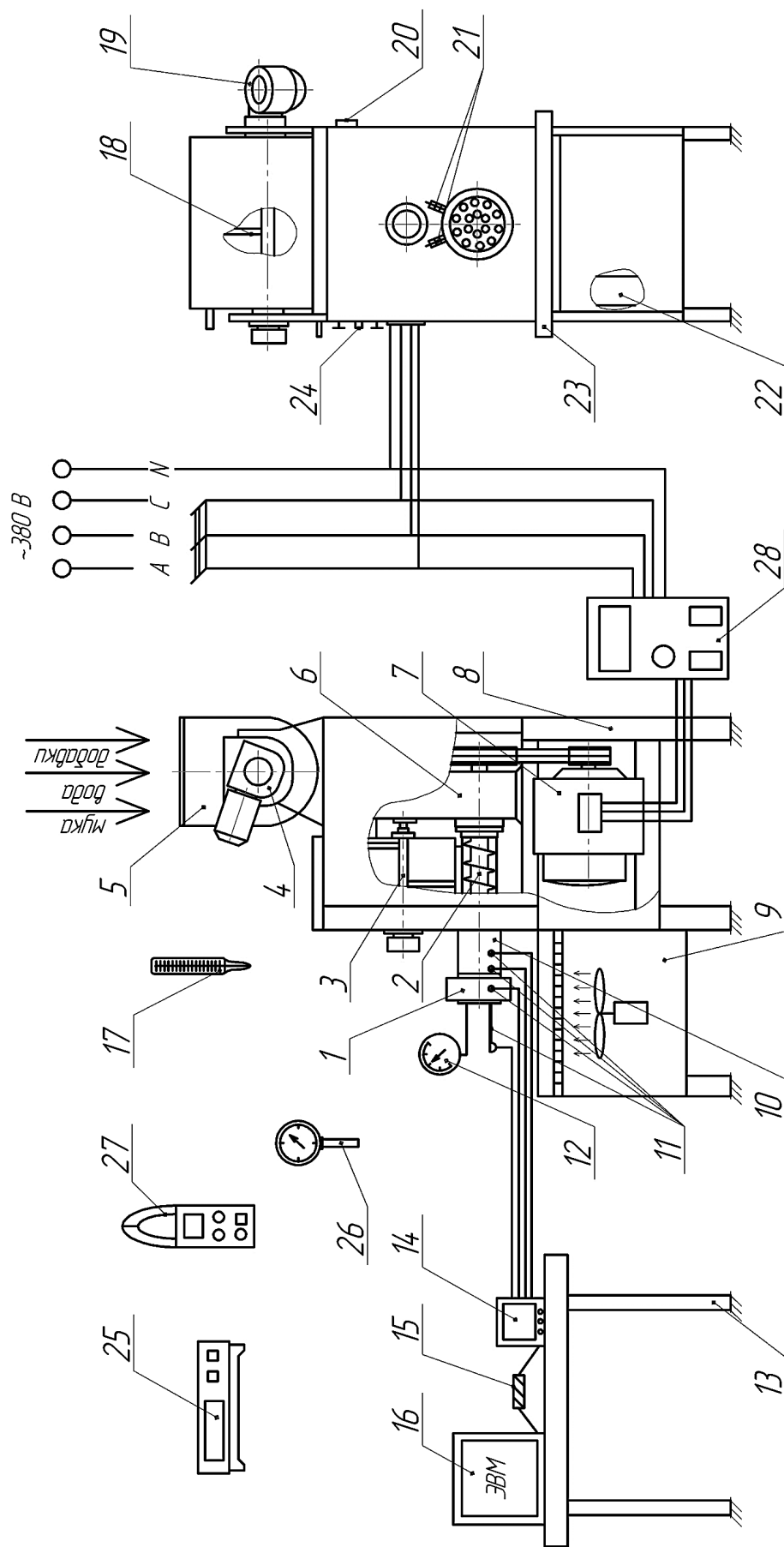


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – матрица, 2 – шнек, 3 – подающий вал, 4 – червячный редуктор, 5 – смесительный бункер, 6 – привод прессующего корпуса, 7 – двигатель, 8 – рама, 9 – узел обдува, 10 – корпус экструдера, 11 – преобразователи термоэлектрические ТХК (L)-1199, 12 – датчик давления АИР 10, 13 – стол, 14 – измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ-148, 15 – преобразователь интерфейса АС4, 16 – персональный компьютер, 17 – термоэлектрический охладитель, 18 – термометр, 19 – термометр, 20 – термометр, 21 – перемешивающий вал смесительного устройства, 22 – поток охлаждающей рубашки, 23 – блок электрооборудования, 24 – лоток, 25 – весы, 26 – весы, 27 – весы, 28 – преобразователь частоты Е2-8300-007Н

ным тестом. В средней части бункера экструдера закреплен подающий вал 3, который направляет порции теста к окну, расположенному в нижней части бункера. В дальнейшем тесто захватывается шнеком 2 и продавливается через фигурные отверстия сменных матриц 1, которые закрепляются в корпусе с помощью гайки.

Корпус экструдера 10 предназначен для размещения шнека и сменных матриц и представляет собой стальной патрубок с резьбовой горловиной и охлаждающей рубашкой. Шнек предназначен для продавливания теста через фигурные отверстия матрицы и представляет собой винт с постоянным шагом.

Матрица предназначена для формирования фигурных изделий из теста и представляет собой массивный цилиндр со сквозными отверстиями определенной конфигурации, она устанавливается в горловине корпуса экструдера.

Рубашка на корпусе экструдера имеет два штуцера 21 для подвода и отвода охлаждающей воды с целью охлаждения матрицы.

Рама 8 пресс-автомата предназначена для закрепления и размещения на ней всех функциональных узлов пресс-автомата, пульта управления 24 и блока электрооборудования 22. Рама выполнена из угловой стали в виде сварной металлоконструкции и облицована листовой сталью. Макароны падают на лоток 23, который лежит на подставке узла обдува макаронных изделий 9, имеющего свой электродвигатель. Дополнительно в прессующем корпусе устанавливаются три термодатчики 11 в гильзах для наблюдения за изменением температуры по ходу прессования теста. Для контроля температуры и давления в предматричной камере в матрицу вмонтированы термодатчик 11 и датчик давления 12.

Для проведения экспериментальных исследований выбрана мука хлебопекарная высшего сорта М-54 (СТБ 1666–2006 «Мука пшеничная» ТУ), которую используют на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскобхлебопродукт».

Для среднего замеса теста необходимо знать влажность муки, чтобы определить количество воды для получения теста влажностью 29,1–31,0%.

Методика подготовки теста включает следующие этапы: сначала определяли влажность муки, количество воды, необходимое для замеса теста, далее составляли рецептурную смесь заданной влажности и проверяли влажность теста.

Влажность муки определяли по ГОСТ 9404–60, влажность теста – методом с использованием предварительной подсушки [5].

Результаты и их обсуждение. Для подтверждения положительного эффекта совершенствования конструкции матрицы и вкладыш-фильер провели испытания нового формующего механизма, а также сравнительный анализ опытных оптимизированных образцов вкладыш-фильер с итальянскими аналогами, полученным на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскобхлебопродукт».

На основании полученных экспериментальных данных построены зависимости: производительности пресса (экспериментального) – от частоты вращения шнека, давления в предматричном пространстве – от частоты вращения шнека, температуры теста в предматричном пространстве – от давления, номинальной мощности – от частоты вращения шнека, производительности пресса (экспериментального) – от давления в предматричном пространстве, а также проведен анализ построенных кривых серийных вкладыш-фильер и вкладыш-фильер новой конструкции.

Представленная на рис. 2 зависимость производительности экспериментального пресса от частоты вращения шнека на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции свидетельствует, что вначале изменение кривых производительности экспериментального пресса в зависимости от частоты вращения шнека на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции имеет параболический характер, а при частоте вращения шнека 120 об/мин кривые приобретают линейный характер, при этом обе кривые практически совпадают, т. е. изменяются по одному закону. Также можно отметить, что при частоте вращения шнека 120 об/мин производительность на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции практически совпадают, т. е. разница в значении производительности минимальная равна 1 кг/ч и больше на вкладыш-фильерах новой конструкции. Это объясняется тем,

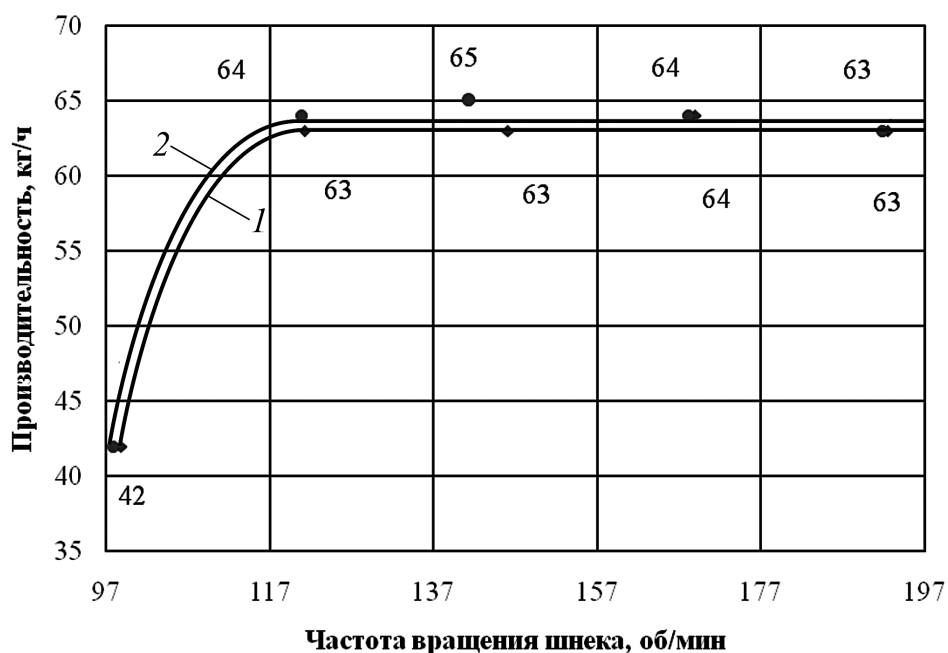


Рис. 2. Зависимость производительности прессы (экспериментальной) от частоты вращения шнека: 1 – серийные вкладыш-фильеры; 2 – новые вкладыш-фильеры

что вкладыш-фильеры новой конструкции имеют меньшее гидравлическое сопротивление и большую пропускную способность. Изменение кривых в линейный характер можно объяснить тем, что с увеличением частоты вращения пропускная способность матрицы остается постоянной, поэтому и производительность приобретает постоянное значение. Таким образом, можно сделать вывод, что оптимальное значение производительность приобретает при частоте вращения шнека 120 об/мин.

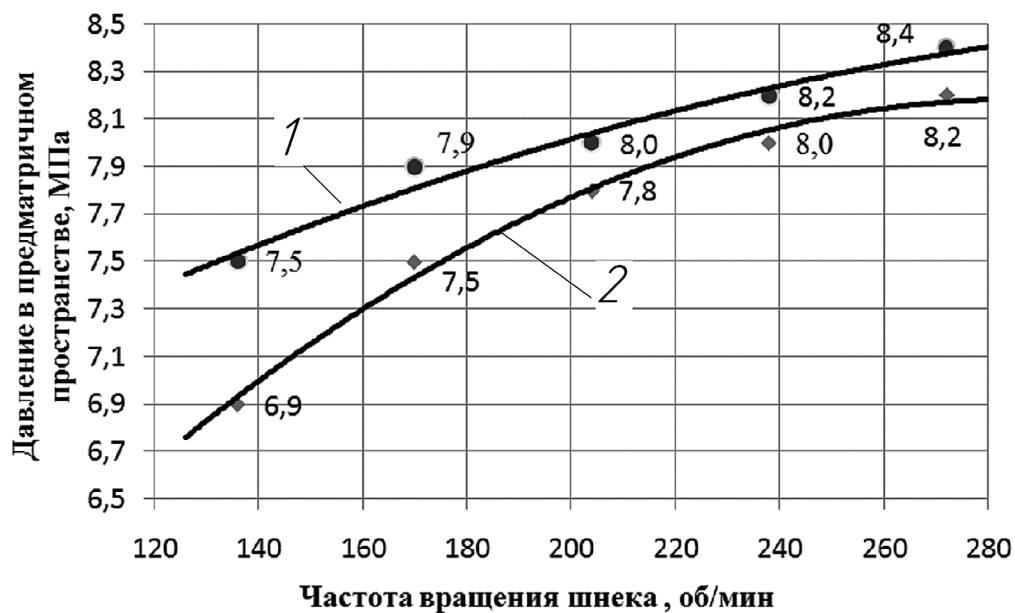


Рис. 3. Зависимость давления в предматричном пространстве от частоты тока: 1 – серийные вкладыш-фильеры; 2 – новые вкладыш-фильеры

На рис. 3, где представлена зависимость давления в предматричном пространстве от частоты вращения шнека на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции, видно, что давление по абсолютной величине значительно выше на серийных вкладыш-фильерах, чем на вкладыш-фильерах новой конструкции, однако с увеличением частоты вращения шнека разница между давлением уменьшается. Изменения давления во вкладыш-фильерах серийной и новой конструкции происходит равномерно. Кривые изменения давления в предматричном пространстве от частоты вращения шнека имеют параболический характер. Характер кривых объясняется тем, что серийные вкладыш-фильеры имеют большее гидравлическое сопротивление, чем новые, при этом чем меньше гидравлическое сопротивление, тем меньше давление и, соответственно, уменьшаются энергозатраты. Номинальная частота вращения нагнетающего шнека экспериментального пресса – 170 об/мин, так как при этой частоте разница в давлении составляет 0,4 МПа. С увеличением частоты разница сокращается и остается постоянной после 200 об/мин. Таким образом, можно сделать вывод, что при частоте вращения шнека свыше 200 об/мин давление в предматричном пространстве стабилизируется, что способствует повышению качества макаронных изделий.

Зависимость изменения температуры теста в предматричном пространстве от давления на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции, представленная на рис. 4, свидетельствует, что с увеличением давления в предматричном пространстве происходит увеличение температуры теста. Минимальная разница между давлениями на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции наблюдается при температуре теста равной 36 °С. Наибольшая разница между давлениями на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции наблюдается при температуре 34 °С. Из этого следует, что с уменьшением разницы в давлении и приближении абсолютного значения давления к значению равному как на серийных, так и на вкладыш-фильерах новой конструкции температура теста в предматричном пространстве также будет практически одинаковой. Кривые изменения давления на вкладыш-фильерах серийной и новой конструкции имеют параболический характер, так как с увеличением давления в предматричном пространстве температура теста равно-

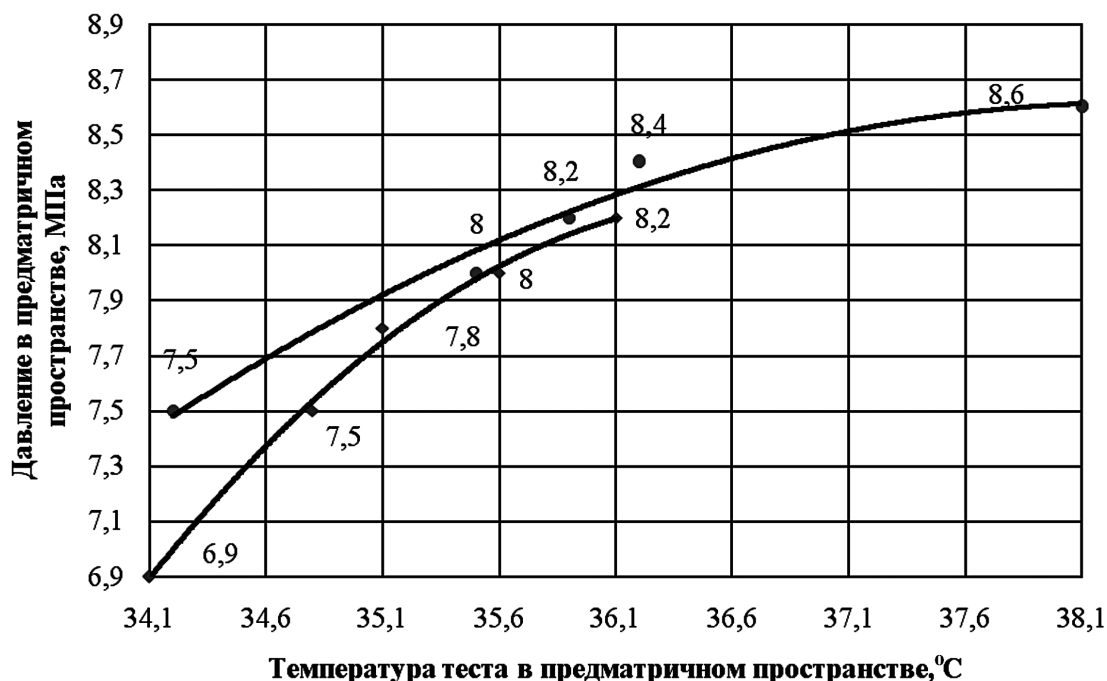


Рис. 4. Зависимость температуры теста в предматричном пространстве от давления: 1 – серийные вкладыш-фильеры; 2 – новые вкладыш-фильеры

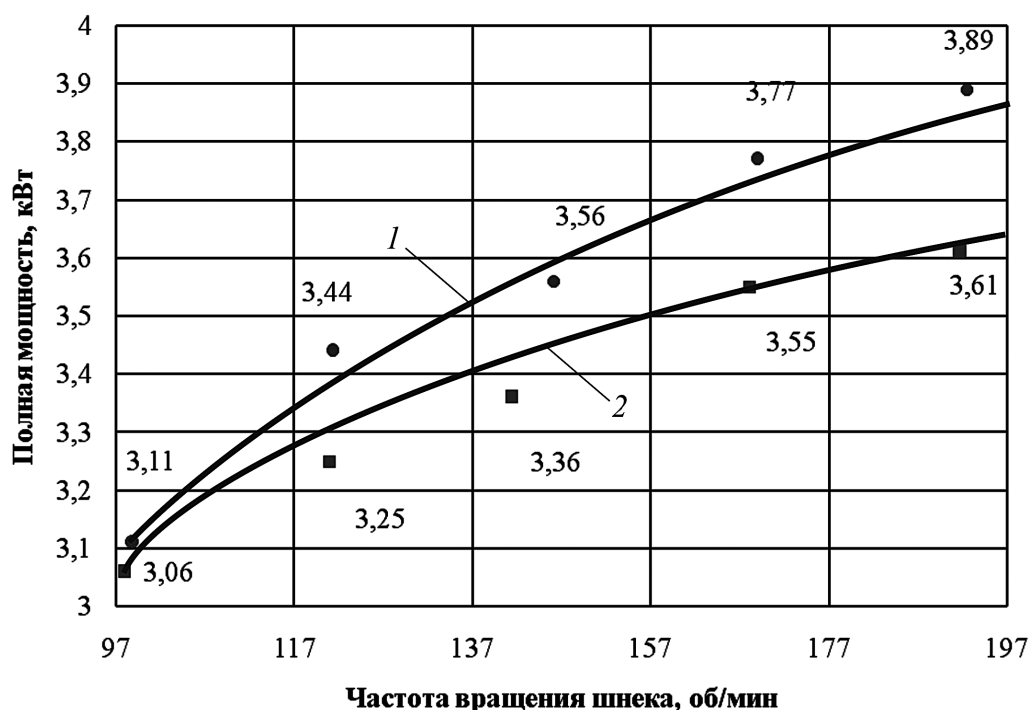


Рис. 5. Зависимость производительности пресса (экспериментального) от частоты вращения шнека: 1 – серийные вкладыш-фильеры; 2 – новые вкладыш-фильеры

мерно увеличивается. Такой характер кривых можно объяснить тем, что серийные вкладыш-фильеры имеют большее гидравлическое сопротивление и меньшую пропускную способность, чем новые, что приводит и к увеличению температуры теста. Меньшее гидравлическое сопротивление способствует снижению температуры теста в предматричном пространстве, в связи с этим не происходит изменения структуры белка, входящего в состав муки, тем самым повышается качество макаронных изделий.

На рис. 5, где представлена зависимость полной мощности от частоты вращения шнека в прессующем корпусе на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции, видно, что полная мощность по абсолютной величине значительно выше на серийных вкладыш-фильерах, чем на вкладыш-фильерах новой конструкции, и с увеличением частоты вращения шнека разница в мощности увеличивается. Изменения полной мощности во вкладыш-фильерах серийной и новой конструкции происходят равномерно: с увеличением частоты вращения рост мощности на вкладыш-фильерах новой конструкции замедляется. Кривые изменения полной мощности от частоты вращения шнека в прессующем корпусе имеют параболический характер: серийные вкладыш-фильеры имеют большее гидравлическое сопротивление и меньшую пропускную способность, чем новые, что и приводит к значительному увеличению мощности и, соответственно, к увеличению энергозатрат.

Представленная на рис. 6. зависимость производительности экспериментального пресса от давления в предматричном пространстве на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции свидетельствует, что вначале изменение кривых производительности экспериментального пресса в зависимости от давления в предматричном пространстве на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции имеет параболический характер, а затем при давлении 7,5 МПа и 8,0 МПа кривые приобретают линейный характер. Обе кривые изменяются по одному закону. Также можно отметить, что при давлении 7,9 МПа производительность на серийных вкладыш-фильерах и на вкладыш-фильерах новой конструкции совпадает, т.е. кривые имеют общую точку пересечения при производительности экспериментального пресса равной 63 кг/ч. Эти особенности графика можно пояснить преимущественно

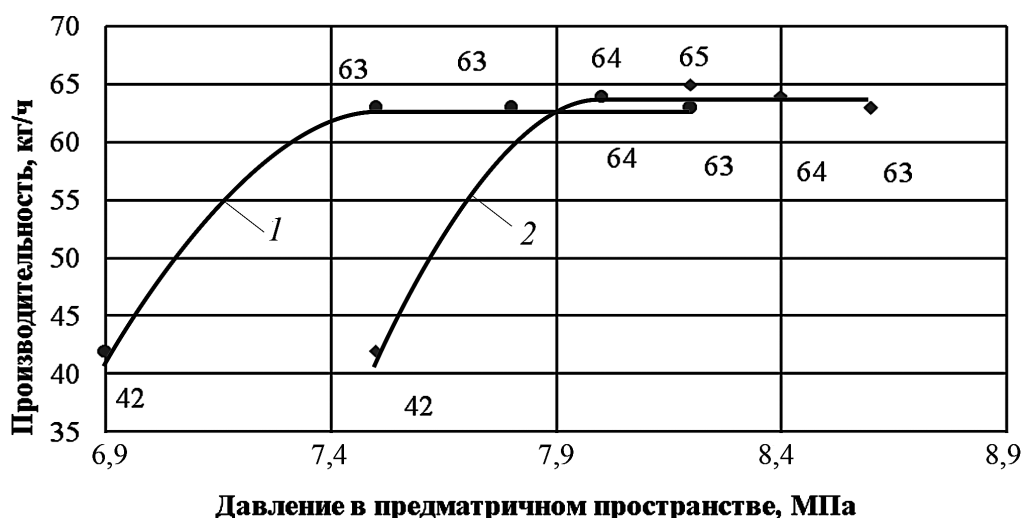


Рис. 6. Зависимость производительности пресса (экспериментального) от давления в предматричном пространстве: 1 – серийные вкладыш-фильеры; 2 – новые вкладыш-фильеры

ществом новой конструкции вкладыш-фильер по сравнению с серийными, к которому относится меньшее гидравлическое сопротивление и большая пропускная способность. Это дает возможность при меньшем давлении пропустить большее количество теста через матрицу и тем самым повысить производительность и уменьшить энергозатраты.

Закключение. На основе законов «золотой» пропорции и предпочтительных чисел ряда Фибоначчи создана матрица и вкладыш-фильера в матрицу с повышенной проходной способностью и оптимизированными конструктивными параметрами. Разработанная матрица с вкладыш-фильерами для производства макаронных изделий обеспечивает получение качественной продукции при снижении удельной энергоемкости и улучшении эксплуатационных характеристик. Проведенные сравнительные производственные испытания серийных и новых конструкций матриц с вкладыш-фильерами для производства макаронных изделий показали снижение давления в предматричном пространстве на 5–7%, уменьшение температуры теста на 1,5–2,0 %, снижение удельной энергоемкости на 5–8%.

Литература

1. М е д в е д е в, Г. М. Технология макаронного производства / Г. М. Медведев. – М.: Колос, 2000 – 272 с.
2. М е д в е д е в, Г. М. Технология и оборудование макаронного производства / Г. М. Медведев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.
3. Н а з а р о в, Н. И. Исследование режимов замеса и прессования теста для макарон / Н. И. Назаров. – М.: ЦНИИТИПЩЕПРОМ, 1970. – 28 с.
4. Ч е р н о в, М. Е. Оборудование предприятий макаронной промышленности / М. Е. Чернов. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 232 с.
5. Б ы с т р о в, А. А. Технологические инструкции производства макаронных изделий // А. А. Быстров, Л. И. Строганова, З. А. Скрипкина. – М.: Госбытиздат, 1974 – 53 с.

V. Ya. GRUDANOV, A .B. TORHAN, A. A. BRENCH, V. M. POZDNYAKOV

RESEARCHES OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF THE FORMING MECHANISM FOR MANUFACTURE OF PASTA

Summary

The principles for geometrical parameters definition of perforated matrix of pasta presses. On the basis of «gold» proportion laws the new matrix construction has been offered. This construction allows to receive the identical passing ability of each conventional unit and to raise the forming quality and press productivity.