

УДК 664.692.5

А. Б. Торган, В. Я. Груданов, В. Г. Барсуков

## УПРАВЛЕНИЕ ТЕЧЕНИЕМ МАКАРОННОГО ТЕСТА В ФОРМУЮЩИХ МАТРИЦАХ ПРЕССА С ПОМОЩЬЮ КОНФУЗОРНО-ДИФФУЗОРНЫХ ВСТАВОК

Во введении обоснована актуальность проведенных исследований и разработок. Отмечено, что существенным недостатком прессования макаронных изделий на шнековых прессах является неравномерность скорости выхода экструдата по плоскости матрицы, которая приводит к увеличению количества отходов в виде обрезков и в конечном счете – к снижению производительности пресса. Одним из эффективных путей решения данной проблемы может быть установка в колодцах матрицы специальных вставок, регулирующих сопротивление канала вязкому течению. Цель работы – повышение эффективности процессов формования макаронного теста за счет управляемого дополнительного деформирования с выравниванием скорости движения путем установки в колодцах матриц специальных вставок. Разработаны технологичные в изготовлении конструкции вставок, содержащих зоны сжатия (конфузор), расширения (диффузор) и цилиндрического перехода между ними. Предложено несколько конструктивных исполнений, в том числе в виде симметричного вкладыша-вставки, а также несимметричных вставок с внутренней полостью типа прямоточной или противоточной (обратной) трубок Вентури. Проведена серия предварительных (оценочных) экспериментов для проверки теоретических предположений с использованием малого макаронного пресса МИТ-2. Экспериментально подтверждено, что установка в колодцах матрицы конфузорно-диффузорных вставок позволила выравнивать местное сопротивление по площади матрицы, привела к стабилизации потока теста (выравниванию скорости выпрессовывания) и тем самым способствовала увеличению производительности пресса. Предположительный механизм достижения комплекса полезных эффектов для производства макаронных изделий от применения вставок состоит в осуществлении перехода теста в формующие отверстия фильтры с дополнительным его сдвиговым деформированием, пластификацией и разогревом. Тем самым обеспечивается снижение гидравлического сопротивления при продавливании теста сквозь отверстия вставок, а также повышается качество макаронных изделий и увеличивается производительность макаронного пресса.

**Ключевые слова:** макаронное тесто, скорость выпрессовывания, матрица, конфузорно-диффузорная вставка, трубка Вентури.

**Введение.** Существенным недостатком прессования макаронных изделий на шнековых прессах является неравномерность скорости выхода экструдата по плоскости матрицы, которая приводит к увеличению количества отходов в виде обрезков и в конечном счете – к снижению производительности пресса. Количество отходов по указанной причине, например, на макаронных прессах ЛПЛ-2М достигало 20 % [1, с. 76]. В настоящее время неравномерность скоростей формования макаронных изделий по сечению матрицы является нерешенной проблемой как в отечественной, так и в зарубежной практике.

Известно несколько способов частичного устранения неравномерности формования по зонам матрицы: применение устройств конусно-цилиндрической формы, колосников, тормозящих решеток, устанавливаемых на диск матрицы [2–6]. В рассматриваемой работе данную проблему предлагается решить установкой в колодцах матрицы специальных вставок, содержащих зоны сжатия (конфузор), расширения (диффузор)

---

*Торган Анна Борисовна*, канд. техн. наук, доц., зав. каф. технологии и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ (Беларусь).

*Адрес для корреспонденции:* пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Беларусь; e-mail: anechkat@tut.by

*Груданов Владимир Яковлевич*, д-р техн. наук, проф., проф. каф. технологии и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ (Беларусь).

*Адрес для корреспонденции:* пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Беларусь; e-mail: pererabotka.kafedra@mail.ru

*Барсуков Владимир Георгиевич*, д-р техн. наук, доц., зав. каф. технической механики ГрГУ им. Янки Купалы (Беларусь).

*Адрес для корреспонденции:* ул. Ожешко, 22, 230023, г. Гродно, Беларусь; e-mail: v.g.barsukov@grsu.by

и цилиндрического перехода между ними. Однако конструктивно-технологические аспекты такого подхода в научно-технической литературе не освещены, что является сдерживающим фактором на пути внедрения подхода в производственную практику.

Цель работы – повышение эффективности процессов формования макаронного теста за счет дополнительного деформирования с выравниванием скорости движения путем установки в колодцах матриц конфузорно-диффузорных вставок.

**Анализ возможных механизмов неравномерности распределения скорости выпрессовывания макаронных изделий.** Макаaronное тесто представляет собой реологически сложную систему, деформирование которой связано с преодолением вязкого внутреннего и внешнего трения, а также обусловленных этим трением трибореологических эффектов [7–11]. В научно-технической литературе указанные эффекты изучены только в общетеоретической постановке [12–14], а также применительно к течению высоконаполненных полимерных композитов [15–17]. Специфика макаронного теста при этом не учитывается [7; 18].

Основными параметрами, характеризующими режим прессования макаронных изделий, являются давление, оказываемое рабочими органами пресса на тесто, и скорость выпрессовывания. Давление в предматричной камере обусловлено сопротивлением теста, которое оказывают его истечению формирующие отверстия матрицы. Величина давления так же, как и скорость прессования, является функцией многих факторов: консистенции теста, конфигурации формирующих отверстий, характера течения теста в отверстиях и т.д. Скорость и давление зависят от температуры и влажности теста (от его пластично-вязких свойств), состояния поверхности формирующих элементов матрицы и многих других факторов, связанных со свойствами исходного сырья, расходуемого на приготовление макаронного теста. Наличие пульсаций давления в предматричной камере приводит к неравномерному выпрессовыванию полуфабриката, что не только уменьшает производительность действующего оборудования, но и затрудняет механизацию и автоматизацию последующих технологических операций.

На рисунке 1 представлена эпюра скоростей и давления прессования макаронных изделий через круглую матрицу, полученная в исследованиях Ю. А. Калошина, на которой выделяется несколько кольцевых зон по диску матрицы с примерно одинаковой скоростью [2, с. 130].

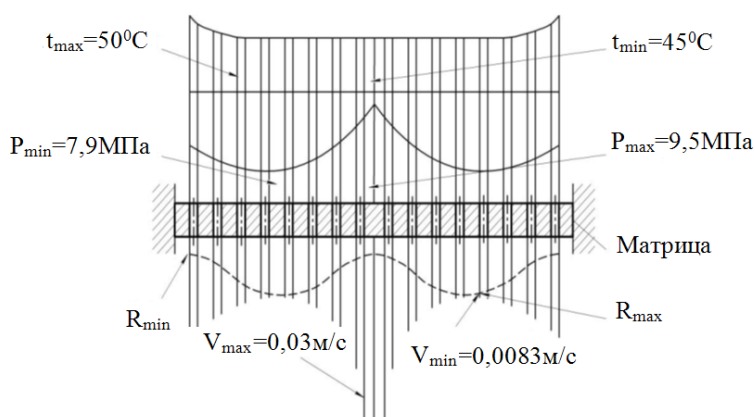


Рисунок 1 – Эпюра скоростей, температуры и давления прессования макаронных изделий через круглую матрицу

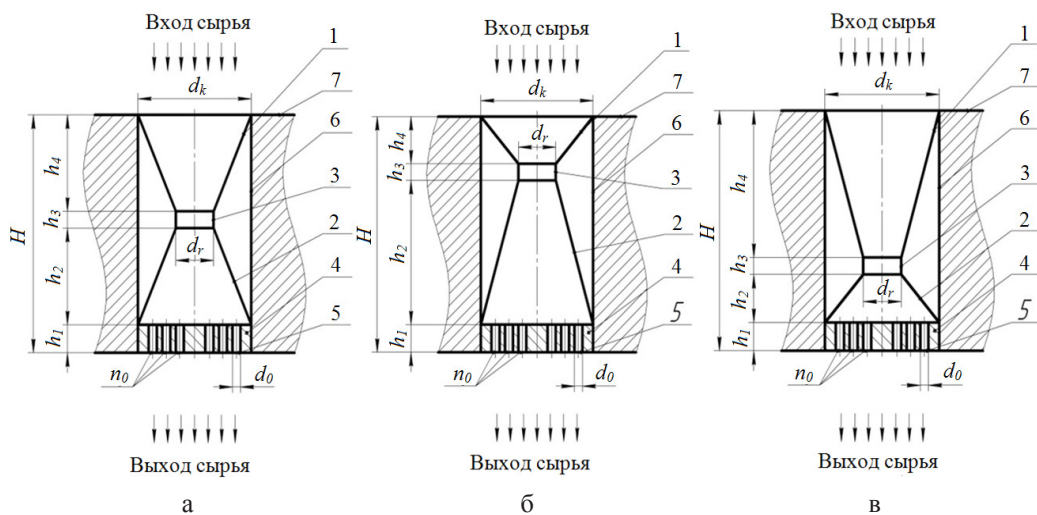
В точках, расположенных в центральной части матрицы, а также по наружному радиусу, скорости прессования выше, чем в остальных точках плоскости матрицы. Выявлено, что температура в центральной части матрицы примерно одинакова, а ближе к периферии начинает возрастать, достигая максимального значения в зоне

предматричной камеры. Повышение температуры в периферийных слоях тестовой массы приводит к уменьшению вязкости формируемой массы и, как следствие, к увеличению скорости выпрессовывания. Высокая скорость формования изделий в центральной зоне матрицы объясняется максимальным давлением тестового потока, при этом основными факторами, сглаживающими пульсации, являются внутреннее вязкостное и внешнее трение на ограничивающей поверхности. Существенное влияние на эпюру скоростей оказывают также кинематические и геометрические характеристики нагнетателя теста, конструктивные изменения предматричной камеры и другие факторы.

**Обоснование направления модернизации конструкции матрицы.** Наибольшее распространение в макаронной промышленности получили матрицы толщиной 60–110 мм и даже до 140 мм, при этом толщина фильерных вкладышей с формирующими отверстиями составляет всего 10–21 мм. Так, например, на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» эксплуатируются автоматические линии по производству коротких макаронных изделий фирмы FAVAS.p.A. (Италия), оснащенные матрицами фирмы Landucci толщиной  $H = 110$  мм, в колодцах которых установлены фильерные вкладыши толщиной  $h = 21$  мм.

На ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов» эксплуатируется линия фирмы BUNLERAG (Швейцария), матрицы которой при наружном диаметре  $D = 610$  мм имеют толщину  $H = 140$  мм при толщине фильерных вставок 21 мм. Поперечное сечение колодцев значительно больше суммарной площади формирующих отверстий вкладышей, что обуславливает неравномерность движения теста из колодцев в формирующие отверстия. При этом в колодцах практически не происходит предварительного уплотнения и пластификации теста, т.е. отсутствует предварительная подготовка теста к процессу формования.

С нашей точки зрения, данная проблема может быть решена установкой в колодцах матрицы специальных вставок, содержащих зоны сжатия (конфузор), расширения (диффузор) и цилиндрического перехода (горловины) между ними. При этом возможно несколько конструктивных исполнений, например, в виде симметричного вкладыша-вставки (рисунок 2а) или несимметричных типа прямоточной (рисунок 2б) или противоточной (обратной) трубки Вентури (рисунок 2в), применение которых, как известно, обеспечивает в гидросистемах минимально возможные гидравлические потери [10].



Пояснения: а – симметричная; б – в форме прямоточной трубки Вентури; в – в форме противоточной (обратной) трубки Вентури.

**Рисунок 2 – Схема конфузорно-диффузорной вставки макаронной матрицы**

На рисунке 2 приняты следующие обозначения:  $d_k$  – диаметр конфузора;  $d_r$  – диаметр горловины;  $d_o$  – диаметр формирующего отверстия;  $H$  – общая высота (толщина) корпуса матрицы;  $h$  – высота вкладыша;  $h_1$  – высота диффузора;  $h_2$  – высота (длина) горловины;  $h_3$  – высота конфузора.

Вставка состоит из двух усеченных конусов различной длины: конфузора 1 и диффузора 2 с небольшой цилиндрической горловиной 3 между ними. Конфузор 1, обращенный большим основанием в сторону шнека, служит для плавного входа потока теста и постепенного его уплотнения. Средняя цилиндрическая часть вставки – горловина 3 – предназначена стабилизировать поток теста и направить его в диффузор 2.

В диффузоре – конической части вставки, примыкающей расширенной частью к вкладышу 4 с формирующими отверстиями 5, постепенно снижается скорость теста и выравнивается давление по плоскости фильеры. При этом важно отметить, что в конфузоре, горловине и диффузоре вставки имеет место не только постепенное уплотнение тестового потока, но также дополнительный его разогрев. Таким образом, тесто подходит к вкладышу 4 предварительно уплотненным и разогретым, а затем плавно входит в формирующие отверстия 5.

Вставка установлена в колодце 6 на фильерном вкладыше 4 по переходной посадке плотно, с минимальным, обеспечивающим неподвижность соединения при сборке, натягом. Необходимость в значительном натяге отсутствует, поскольку вставка в осевом направлении при работе пресса прижимается к фильерному вкладышу за счет разности давлений теста на входе в канал и на выходе из него, а в радиальном направлении прижимается к стенкам колодца матрицы за счет упругих деформаций под действием давления теста, находящегося в полости вставки. При этом диаметр диффузора 2 равен диаметру вкладыша 4, что обеспечивает свободный проход теста из диффузора 4 в формирующие отверстия 5. На рисунке 1 показан вариант установки вставки внутри колодца 6 на вкладыше 4 (вплотную без зазора). Втулка установлена неподвижно диффузором 2 вниз, а конфузуром 1 вверх – навстречу движению теста, заподлицо с рабочей поверхностью корпуса 7 матрицы, при этом формирующие отверстия 5 остаются открытыми для прохода теста.

Рабочее положение матрицы – горизонтальное. Под матрицей устанавливается вращающийся нож для отрезания отформованных изделий (не показан). Стрелками указано направление движения исходного сырья.

При конструировании вставок исходили из предпосылки, что для нормальной и эффективной работы нового устройства необходимо, чтобы площадь поперечного сечения горловины вставки  $F_r$  была равна суммарной площади поперечного сечения формирующих отверстий фильерного вкладыша, т.е.

$$F_r = f_0 \cdot n_0,$$

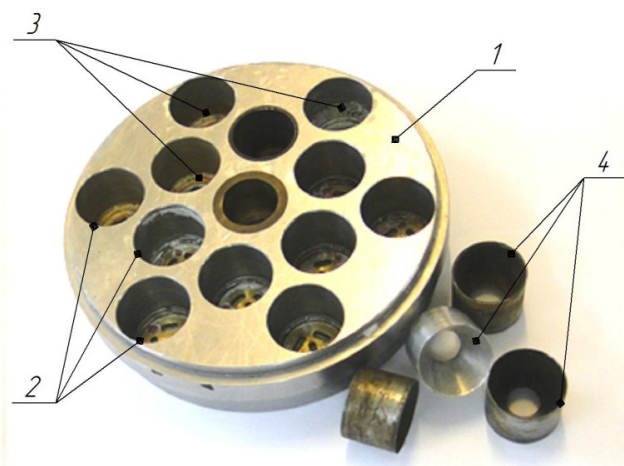
где  $F_r$  – площадь поперечного сечения горловины вставки;  $f_0$  – площадь поперечного сечения формирующего отверстия;  $n_0$  – количество формирующих отверстий в фильерном вкладыше.

Устройство работает следующим образом. В шнековой камере пресса тесто подвергается интенсивному механическому воздействию со стороны винтовой лопасти шнека, освобождается от включений воздуха, становится плотной, упруго-пластичной и вязкой массой. Уплотненное макаронное тесто с помощью шнека, преодолевая сопротивление матрицы, продавливается сквозь колодцы 6 и фильерные вкладыши 4.

Вставку целесообразно изготавливать из того же материала, что и сама матрица, иначе при контакте с тестом может возникнуть гальваническая пара и возникающие в ее системе слабые токи приведут к коррозии металла. Матрицы изготавливают из антикоррозийных материалов, таких как бронза Бр-АЖ9-4, латунь ЛС59-1, нержавеющая сталь 1Х18Н9Т. Внутренние поверхности вставки (конфузор, горловина и диффузор) желательно полировать или хромировать, но лучшее покрытие – тефлон

(фторопласт). Толщина стенки вставки должна быть минимальной, но обеспечивающей жесткость и прочность конструкции, а также требуемый размер проходного отверстия.

**Методика и результаты оценочного эксперимента.** Для предварительной (оценочной) экспериментальной проверки теоретических предпосылок изготовлены специальные вставки, установленные в зонах повышенных скоростей выпрессовывания (центральный и периферийные колодцы) матрицы для производства лапши к малому макаронному прессу МИТ-2 (рисунок 3).



Пояснения: 1 – матрица; 2 – колодцы; 3 – вкладыши; 4 – вставки.

**Рисунок 3 – Фотография матрицы и изготовленных специальных вставок**

Конструктивные параметры испытанных вставок, приведенные в таблице 1, были определены на основе результатов предварительно выполненного комплексного реологического анализа процессов течения макаронного теста в конфузоре, диффузоре и расположенном между ними цилиндрическом участке (горловине) вставки.

Поскольку вклад сдвиговой прочности  $\tau_0$  в общее сопротивление вязкому течению, как правило, мал (0,3 МПа в сравнении с общим давлением формования 6,0–12,0 МПа) [19], то основной вклад вносит вязкая составляющая сопротивлению течения. Поэтому при оценочных технических расчетах анализ осуществляли на основе степенного реологического уравнения Освальда-де-Вила [7]

$$\tau \approx k\dot{\gamma}^n \quad (2)$$

со следующими значениями констант:  $k = 0,11 \text{ МПа} \cdot \text{с}^{1/n}$ ;  $n = 0,473$ .

Таблица 1 – Взаимосвязь перепада давления на преодоление сопротивления вязкому течению с массовым расходом макаронного теста, проходящего через конфузorno-диффузorno-вставку

Диаметр проходного отверстия вставки, мм	Перепад давления (МПа) при массовом расходе $Q_m$ макаронного теста через конфузorno-диффузorno-вставку (кг/час)					
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
5	0,508	0,705	0,854	0,978	1,087	1,185
6	0,388	0,539	0,653	0,748	0,831	0,906
7	0,311	0,432	0,523	0,599	0,666	0,726
8	0,258	0,357	0,433	0,496	0,551	0,601
9	0,219	0,303	0,368	0,421	0,468	0,510
10	0,189	0,263	0,318	0,364	0,405	0,442
11	0,166	0,231	0,28	0,32	0,356	0,388
12	0,148	0,205	0,249	0,285	0,317	0,345

С использованием методических подходов, изложенных в работах [16; 17], получены значения перепадов давления на преодоление сопротивления вязкому течению макаронного теста для широкой номенклатуры типоразмеров конфузорно-диффузорных вставок. В качестве примера в таблице 1 приведены расчетные значения перепадов давления на преодоление сопротивления вязкому течению макаронного теста, проходящего через симметричную конфузорно-диффузорную вставку с длиной конфузора и диффузора  $h_1 = h_3 = 6,5$  мм и длиной цилиндрического перешейка  $h_2 = 0,4$  мм. Методика расчета, вследствие ее громоздкости, в данной работе не приводится.

Из таблицы 1 видно, что давление, необходимое для преодоления сопротивления вязкому течению макаронного теста, зависит как от размеров вставки, так и от производительности (расхода теста) через канал. Один и тот же перепад давления может быть обеспечен за счет изменения длины вставки или радиуса ее внутренней полости.

Для проведения оценочных экспериментов была изготовлена конфузорно-диффузорная вставка типа трубки Вентури с конструктивными параметрами, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Конструктивные параметры конфузорно-диффузорных вставок

Наименование конструктивного параметра	Величина параметра, мм
Длина вставки общая, $H$	18
Длина конфузора, $h_1$	12,5
Длина диффузора, $h_3$	5
Длина цилиндрического пояска, $h_2$	0,5
Диаметр цилиндрического пояска, $d$	10
Диаметр максимальный конфузора, $d_k$	22
Диаметр максимальный диффузора $d_d$	22
Диаметр наружный вставок, $D$	23

На рисунке 4 показан общий вид малого макаронного пресса МИТ-2 в рабочий момент проведения экспериментальных исследований при производстве лапши.



Рисунок 4 – Проведение экспериментальных исследований на малом макаронном прессе МИТ-2

Экспериментально были исследованы вставки типа прямоточной и противоточной (обратной) трубок Вентури. Выходной поток лапши (полуфабрикатов) измеряли в случаях работы пресса без установленных конфузорно-диффузорных вставок и работы пресса с установленными вставками.

В качестве сырья была выбрана мука хлебопекарная высшего сорта М-54-28 (СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная. Технические условия») [20] и вода, соответствующая СТБ 1188-99 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» [21].

На одну загрузку использовали 8 кг муки. Количество воды рассчитывали исходя из влажности муки 12 % (по заранее определенному значению). Испытания проводили при следующих условиях: температура окружающей среды –  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ; относительная влажность воздуха –  $72 \pm 5\%$ ; атмосферное давление – 750–760 мм рт. ст.

Серия проведенных оценочных экспериментов показала, что длина лапши, полученная в колodцах с установленными специальными вставками, увеличилась в среднем на 25 % в сравнении с образцами, полученными в матрицах без применения вставок при одинаковых условиях прессования (частота вращения напорного шнека  $n = 150$  об./мин) (рисунок 5). Это свидетельствует о возможности повышения производительности технологического оборудования.



Рисунок 5 – Образцы полученных при испытаниях макаронных изделий (слева – с использованием специальных вставок; справа – без вставок)

Влияние схем установки вставок (направление течения макаронного теста) в виде прямоточной или противоточной трубок Вентури, согласно предварительным экспериментам, менее существенно. В обоих случаях за счет дополнительного сопротивления вставок в соответствующих каналах скорость выхода экструдата уменьшалась на 5–8 %. Это способствовало выравниванию скоростей по плоскости матрицы и создавало возможности повышения общей скорости (производительности устройства) за счет увеличения числа оборотов напорного шнека при выравненном потоке скоростей.

В целом анализ результатов предварительных (оценочных) экспериментов позволяет сделать вывод, что предложенные технические решения эффективны для совершенствования процесса формования макаронных изделий и конструкции узла формования, поскольку позволяют выравнивать гидравлическое сопротивление по площади матрицы, скорость выпрессовывания макаронных изделий, увеличить благодаря этому производительность. Предположительный механизм достижения комплекса полезных эффектов от применения вставок состоит в осуществлении более плавного перехода теста в формующие отверстия фильеры с дополнительным его уплотнением, пластификацией и разогревом.

Оптимизация конструкции конфузочно-диффузорных вставок предполагает проведение комплекса дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на установление количественной взаимосвязи между конструктивно-технологическими параметрами канала вставок, а также показателями реологических свойств макаронного теста с сопротивлением вязкому течению для различных температурно-скоростных условий прессования.

**Заключение.** На основе анализа возможных механизмов неравномерности распределения скорости выпрессовывания макаронных изделий предложено повысить

эффективность работы формующих матриц за счет дополнительного деформирования с выравниванием скорости движения макаронного теста путем установки в колодцах матриц специальных вставок. Разработано несколько технологичных в изготовлении конструкций вставок, содержащих зоны сжатия (конфузор), расширения (диффузор) и цилиндрического перешейка (горловины) между ними. Проведенная серия предварительных (оценочных) экспериментов с использованием малого макаронного пресса МИТ-2 показала, что установка в колодцах матрицы разработанных вставок позволила выравнивать местное сопротивление по площади матрицы, привела к стабилизации потока теста и способствовала тем самым повышению производительности пресса. Предположительный механизм достижения комплекса полезных эффектов для производства макаронных изделий от применения вставок состоит в осуществлении более плавного перехода теста в формующие отверстия фильеры с дополнительным его уплотнением, пластификацией и разогревом. Тем самым обеспечивается выравнивание гидравлического сопротивления при продавливании теста сквозь отверстия вставок, а также повышается качество макаронных изделий и увеличивается производительность макаронного пресса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов, М. С. Справочник по макаронному производству / М. С. Чернов, Г. М. Медведев, В. П. Негруб. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.
2. Назаров, Н. И. Технология макаронных изделий : учебник для вузов / Н. И. Назаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 286 с.
3. Остриков, А. Н. Экструзия в пищевой технологии / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, А. С. Рудометкин. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 288 с.
4. Пути улучшения качества макаронных изделий / М. И. Васин, М. А. Калинина, С. А. Парфёнова. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 24 с. – (Обзорная информация / Серия «Хлебопек. и макар. промышленность»).
5. Мачихин, Ю. А. Формование пищевых масс / Ю. А. Мачихин, Г. К. Берман, Ю. В. Клаповский. – М. : Колос, 1992. – 272 с.
6. Груданов, В. Я. Процесс формования макаронных изделий в узлах прессования с улучшенными гидравлическими и технологическими характеристиками / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, В. М. Поздняков // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Серыя фіз.-тэхн. навук. – 2013. – № 2. – С. 58–65.
7. Торган, А. Б. Анализ реологических аспектов течения макаронного теста в каналах ступенчато-переменного сечения с использованием нелинейной модели Балкли–Гершеля / А. Б. Торган // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2015. – № 3. – С. 64–71.
8. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства : учебник для вузов / Г. М. Медведев. – М. : Колос, 1998. – 272 с.
9. Мачихин, Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
10. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов [и др.] ; под ред. А. В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.
11. Ковальская, Л. П. Технология пищевых производств / Л. П. Ковальская. – М. : Колос, 1999. – 752 с.
12. Demianiuk, L. Siły i odkształcenia występujące podczas brykietowania materiałów drobnoziarnistych w komorze orwartej – analiza doświadczalna / L. Demianiuk, R. Hejft, A. Seweryn // Zeszyty naukowe Politechniki Białostockiej. Nauki Techniczne. Mechanika. – 1999. – Nr. 130. – S. 95–107.
13. Fabrode, M. O. A rheological model for the compaction of fibrous agricultural materials / M. O. Fabrode, J. R. Callaghan // J. Agric. Eng. Res. – 1989. – Vol. 42, No. 5. – P. 165–178.
14. Hryniewicz, M. Zmienność tarcia zewnętrznego w procesie brykietowania / M. Hryniewicz // Zeszyty naukowe AGH. Mechanika. – 1994. – T. 13, z. 4. – S. 555–563.
15. Барсуков, В. Г. Технологические трение при экструзии композитов / В. Г. Барсуков, А. И. Свириденко. – Гродно : ГрГУ, 1998. – 201 с.
16. Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров / З. Тадмор, К. Гогос ; пер. с англ. ; под ред. Р. В. Торнера. – М. : Химия, 1984. – 632 с.
17. Гаевой, А. Д. Исследование течения вязкопластичных сред в каналах и полостях с изменяемыми формами их стенок (Элементы теории и технические приложения) / А. Д. Гаевой, А. Д. Климов, В. М. Ченоков. – М. : Агропромиздат, 1995. – 112 с.
18. Трубы Вентури. Технические условия : ГОСТ 23720-79. Государственный комитет СССР по стандартам. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 17 с.



19. Торган, А. Б. Методика оценки вклада пластичной и вязкой составляющих в сопротивление течению макаронного теста / А. Б. Торган // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка. – 2015. – № 1 (198). – С. 90–98.

20. Мука пшеничная. Технические условия : СТБ 1666-2006. – Введ. 01.12.06 (впервые на территории Республики Беларусь). – Минск : Госстандарт, 2006. – 11 с.

21. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества : СТБ 1188-99. – Минск : Госстандарт, 1998. – 24 с.

Поступила в редакцию 06.02.2020.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 6. Engineering Science”

Vol. 10, No. 1, 2020, pp. 87–96

© Yanka Kupala State University of Grodno, 2020

## Control of the course of the pasta test in forming press matrixes by using confuser-diffuser inserts

A. B. Torgan<sup>1</sup>, V. Ya. Grudanov<sup>2</sup>, V. G. Barsukov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Belarusian State Agrarian Technical University (Belarus)

Nezavisimosti Ave., 99, 220023, Minsk, Belarus; e-mail: anechkat@tut.by

<sup>2</sup> Belarusian State Agrarian Technical University (Belarus)

Nezavisimosti Ave., 99, 220023, Minsk, Belarus; e-mail: pererabotka.kafedra@mail.ru

<sup>3</sup> Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Ozheshko St., 22, 230023, Grodno, Belarus; e-mail: v.g.barsukov@grsu.by

**Abstract.** The introduction substantiates the relevance of research and development. It is noted that a significant drawback of pressing pasta on screw presses is the unevenness of the extrudate exit speed along the die plane, which leads to an increase in the amount of waste in the form of scraps and, ultimately, to a decrease in the productivity of the press. One of the effective ways to solve this problem may be to install special inserts in the matrix wells that regulate the channel resistance to viscous flow. The goal of the work is to increase the working efficiency of forming matrices due to controlled additional deformation with equalizing the speed of pasta dough by installing special inserts in the matrix wells. The inserts containing compression zones (confuser), expansion (diffuser), and a cylindrical transition between them are technological in manufacturing designs. Several designs are proposed, including in the form of a symmetrical insert-insert, as well as asymmetric inserts with an internal cavity such as direct-flow or counter-current (reverse) Venturi tubes. A series of preliminary (evaluation) experiments was carried out to check the theoretical assumptions using the MIT-2 small pasta press. It was experimentally confirmed that the installation of confuser-diffuser inserts in the matrix wells made it possible to equalize the local resistance by the matrix area, stabilized the dough flow (equalized pressing speed), and thereby increased press productivity. The hypothetical mechanism for achieving a set of useful effects for the production of pasta from the use of inserts consists in a smoother transition of the dough into the forming holes of the die with its additional compaction, plasticization and heating. This ensures a decrease in hydraulic resistance when forcing the dough through the holes of the inserts, and also improves the quality of pasta and increases the productivity of the pasta press.

**Keywords:** pasta dough, pressing out speed, matrix, confuser-diffuser insert, Venturi tubes.

## References

1. Chernov M. S., Medvedev G. M., Negrub V. P. Handbook of pasta production [*Spravochnik po makaronnomu proizvodstvu*]. Moscow, 1984, 280 p.
2. Nazarov N. I. Technology of pasta [*Tekhnologiya makaronnykh izdelii : uchebnik dlia vuzov*]. 2nd ed. Re-processing and add. Moscow, 1978, 286 p.
3. Ostrikov A. N., Abramov O. V., Rudometkin A. S. Extrusion in food technology [*Ekstruziia v pishchevii tekhnologii*]. St. Petersburg, 2004, 288 p.
4. Vasin M. I., Kalinina M. A., Parfenova S. A. Ways to improve the quality of pasta [*Puti uluchsheniia kachestva makaronnykh izdelii*]. Moscow, 1991, 24 p.
5. Machikhin Yu. A., Berman G. K., Klapovski Yu. V. Formation of food masses [*Formovanie pishchevykh mass*]. Moscow, 1992, 272 p.
6. Grudanov V. Ya., Torgan A. B., Pozdniakov V. M. The process of forming pasta in pressing units with improved hydraulic and technological characteristics [*Protsess formovaniia makaronnykh izdelii v uzlakh*

*pressovaniia s uluchshennymi gidravlichesкими i tekhnologicheskimi kharakteristikami*]. *Vesti. Nat. Acad. Sciences of Belarus. Ser. physical and technical sciences*, 2013, No. 2, pp. 58-65.

7. Torgan A. B. Analysis of the rheological aspects of the course of pasta dough in the channels of stepwise variable section using the non-linear Balkley-Herschel model [*Analiz reologicheskikh aspektov techeniia makaronnogo testa v kanalakh stupenchato-peremennogo secheniia s ispol'zovaniem nelineinnoi modeli Balkli-Gershelia*]. *Food industry: science and technology*, 2015, No. 3, pp. 64-71.

8. Medvedev G. M. Technology of pasta production [*Tekhnologiia makaronnogo proizvodstva : uchebnik dlia vuzov*]. Moscow, 1998, 272 p.

9. Machikhin Yu. A., Machikhin S. A. Engineering rheology of food materials [*Inzhenernaia reologiia pishchevykh materialov*]. Moscow, 1981, 216 p.

10. Gorbatov A. V. [et al.]. Structural and mechanical characteristics of food products [*Strukturno-mekhanicheskie kharakteristiki pishchevykh produktov*]; Ed. by A. V. Gorbatov. Moscow, 1982, 296 p.

11. Kovalskaya L. P. Technology of food production [*Tekhnologiia pishchevykh proizvodstv*]. Moscow, 1999, 752 p.

12. Demianiuk L., Hejft R., Seweryn A. Forces and deformations occurring during briquetting of fine-grained materials in an orthopedic chamber - experimental analysis [*Sily i odkształcenia występujące podczas brykietowania materiałów drobnoziarnistych w komorze ortopedycznej - analiza doświadczalna*]. *Scientific notebooks of the Białystok University of Technology. Technical studies. Mechanics* 21, 1999, No. 130, pp. 95-107.

13. Fabrode M. O., Callaghan J. R. A rheological model for the compaction of fibrous agricultural materials. *J. Agric. Eng. Res.*, 1989, vol. 42, No. 5, pp. 165-178.

14. Hryniewicz M. Variability of external friction in the briquetting process [*Zmienność tarcia zewnętrznego w procesie brykietowania*]. *AGH scientific notebooks. Mechanics*, 1994, vol. 13, issue 4, pp. 555-563.

15. Barsukov V. G., Sviridenok A. I. Technological friction during the extrusion of composites [*Tekhnologicheskoe trenie pri ekstruzii kompozitov*]. Grodno, 1998, 201 p.

16. Tadmor Z., Gogos K. Theoretical foundations of polymer processing [*Teoreticheskie osnovy pererabotki polimerov*]; transl. from engl.; Ed. by R. V. Thorner. Moscow, 1984, 632 p.

17. Gaevoi A. D., Klimov A. D., Chenokov V. M. Investigation of the flow of viscoplastic media in channels and cavities with variable shapes of their walls (Elements of theory and technical applications) [*Issledovanie techeniia вязкопластичных сред в каналах и полостях с изменяемыми формами их стенок (Elementy teorii i tekhnicheskie prilozheniia)*]. Moscow, 1995, 112 p.

18. Venturi pipes. Technical conditions [*Truby Venturi. Tekhnicheskie usloviia*] : GOST 23720-79. USSR State Committee for Standards. Moscow, 1979, 17 p.

19. Torgan A. B. Methodology for assessing the contribution of plastic and viscous components to resistance to the flow of pasta dough [*Metodika otsenki vklada plastichnoi i вязкой составляющих в сопротивлении течению макаронного теста*]. *Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 6. Engineering Science*, 2015, No. 1 (198), pp. 90-98.

20. Wheat flour. Specifications [*Muka pshenichnaia. Tekhnicheskie usloviia*] : STB 1666-2006. Enter 12/01/06 (for the first time in the territory of the Republic of Belarus). Minsk, 2006, 11 p.

21. Drinking water. General requirements for the organization and methods of quality control [*Voda pit'evaia. Obshchie trebovaniia k organizatsii i metodam kontrolya kachestva*] : STB 1188-99. Minsk, 1998, 24 p.



*Уважаемые авторы!*

*Более подробно требования к оформлению материалов, а также условия для принятия материалов см. на сайте журнала*

<http://vesnik.grsu.by>