

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР
КИЕВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи
Инженер ЛЕВЧЕНКО АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОПАТНЫХ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ
МАШИН С ЦЕЛЬЮ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Специальность 05.02.14 -
Машины и агрегаты пищевой
промышленности

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

К и е в - 1977

Работа выполнена в Киевском технологическом институте пищевой промышленности.

Научные руководители: кандидат технических наук, доцент
СКРИПКО И.С.

кандидат технических наук, доцент
ШАПРАН В.З.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ЛИСОВЕНКО А.Т.

кандидат технических наук, старший
научный сотрудник ТУЛЬСКИЙ Н.В.

Ведущее предприятие - Киевское машиностроительное объедине-
ние "Киевпродмаш".

Защита состоялась " " 1977 г. в часов
на заседании специализированного Совета Д068.17.03. по специаль-
ности 05.05.14. "Машины и агрегаты пищевой промышленности" Киевского
технологического института пищевой промышленности, 252017, г. Киев,
17, ул. Владимирская, 68.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " " 1977 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

И.М. ДАМЕНКО

Настоящая работа направлена на выполнение решений XXV с"езда КПСС по значительному повышению технического уровня, эффективности и надежности технологического оборудования для пищевой промышленности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Хлебопекарная промышленность СССР является одной из наиболее развитых отраслей пищевой промышленности. Только за годы девятой пятилетки введено в действия 275 хлебозаводов общей мощностью 11,8 тыс. тонн хлебобулочных изделий в сутки. Уровень механизации в хлебопекарной промышленности достиг 80%.

Производство хлебобулочных изделий в условиях механизированного и автоматизированного хлебозавода состоит из ряда процессов. Важным этапом технологического потока является разделка теста, которая служит промежуточным звеном между приготовлением теста и расстойкой тестовых заготовок. От работы тесторазделочного оборудования во многом зависит стабильность работы технологической линии и качество готовой продукции: масса изделий, их пористость, пропеченность, упек и так далее. Особые требования при этом предъявляются к тестоделительным машинам, основная функция которых заключается в делении теста на заготовки определенной массы. Но качество и надежность работы существующих тестоделительных машин зачастую не соответствуют современным требованиям комплексно-механизированного и автоматизированного хлебозавода.

Выпускаемые в СССР тестоделительные машины с лопастным нагнетанием теста имеют ряд преимуществ по сравнению с тестоделительными машинами других типов, однако характеризуются невысокой эксплуатационной надежностью, значительной энергоемкостью процесса деления теста и металлоемкостью конструкции. Это объясняется недостаточной износостойкостью механизма процесса лопастного нагнетания теста, отсутствием

данных о влиянии конструктивных и режимных параметров на машинный технологический процесс. Отсутствие научно-обоснованной методики расчета тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста вынуждает при конструировании принимать завышенные размеры элементов трансмиссии и тестовой мамы. Кроме того, до настоящего времени не разработана методика сравнительной оценки эффективности работы тестоделительных машин, что затрудняет выбор рационального типа машины при известных условиях ее эксплуатации. Настоящая работа посвящена решению вышеперечисленных вопросов и направлена на совершенствование тестоделительных машин, которые являются одним из важнейших звеньев непрерывно-поточной линии производства хлебобулочных изделий.

Работа проводилась в Киевском технологическом институте пищевой промышленности в соответствии с договором о творческом научно-техническом сотрудничестве с Украинским научно-исследовательским и конструкторским институтом продовольственного машиностроения.

Цель работы. Целью работы является:

- выявление причин невысокой эксплуатационной надежности тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста, значительной энергоёмкости машинного технологического процесса и металлоёмкости конструкции на основании изучения механизма процесса нагнетания при различных режимах работы машины;
- установление влияния кинематических и конструктивных параметров на процесс деления теста;
- разработка методики сравнительной оценки эффективности работы тестоделительных машин;
- разработка методики расчёта машин рассматриваемого типа;
- разработка рекомендаций, направленных на повышение надёжности, а также улучшение энергетических, динамических и качественных показателей работы тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста.

Объем и структура работы. Работа изложена на 100 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав с 50 рисунками и 11 таблицами, общих выводов, рекомендаций, списка основной использованной литературы в количестве 140 наименований и 19 приложений.

Во введении дано обоснование проведенной работы и цели исследования.

В первой главе дан анализ способов нагнетания теста, конструкций тестододелительных машин и направлений их развития, приведен обзор исследований тестододелительных машин и сформулированы задачи работы.

Вторая глава посвящена математическому описанию процесса деления теста, теоретическому исследованию движения теста в рабочей зоне тестовой камеры, определению продолжительности процесса дозирования теста, а также разработке методики сравнительной оценки эффективности работы тестододелительных машин и определению точности деления теста.

В третьей главе изложены методики и результаты экспериментальных исследований. Определены давления на рабочие органы машины марки А2-УТН и элементы ее конструкции, нагрузки на исполнительные механизмы и приводной двигатель. Установлены причины значительной энергоемкости процесса нагнетания теста, несоответствие циклограммы машины нормальному протеканию процесса деления. Показано, как изменяется точность деления в зависимости от массы тестовых заготовок и производительности машины.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований влияния кинематических и конструктивных параметров тестододелительной машины на процесс деления теста, а также выполнен динамический синтез машины. На основании полученных данных по разработанной методике сравнительной оценки был выявлен рациональный вариант машины с улучшенными показателями качества машинного технологического процес-

- разработана и испытана в производственных условиях усовершенствованная тестоделительная машина с лопастным нагнетанием теста. Усовершенствование заключалось в изменении: а) конструкции исполнительного механизма привода заслонки; б) циклограммы машины; в) характеристики пружины стабилизатора давления;

- методики расчета лопастных тестоделительных машин, а также другие результаты теоретических и экспериментальных исследований используются институтом УкрНИИПродмаш при проектировании новых моделей тестоделительных машин.

Реализация научно-технических результатов. Проведены испытания усовершенствованных на основании результатов настоящей работы тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста, установленных в линии производства хлебобулочных изделий на Киевском хлебозаводе № 5 и Переяслав-Хмельницком комбинате продовольственных товаров. Во время испытаний на хлебозаводе № 5 г. Киева и годичной эксплуатации на Переяслав-Хмельницком комбинате продовольственных товаров установлено:

- точность деления теста повысилась на 40% и была не ниже $\pm 1\%$;
- потребление энергии уменьшилось на 12%;
- повысилась плавность работы тестоделительной машины, пульсация момента на валу двигателя уменьшилась на 35%;
- износ профиля кулачка привода заслонки не наблюдался;
- годовой экономический эффект от внедрения усовершенствованной тестоделительной машины с лопастным нагнетанием теста на Переяслав-Хмельницком комбинате продовольственных товаров составил 4900 рублей.

Апробация работы. Результаты исследований доложены и одобрены на 38-43-ей научных конференциях КТИШ в 1972-1977 гг., а также на сессии НТО УкрНИИПродмаш по хлебопекарному оборудованию в 1976 г. и техническом совете машиностроительного объединения "Киевпродмаш" в 1977 г.

По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ.

нерешенными. В частности, недостаточно изучены и освещены в научно-технической литературе механизм процесса лопастного нагнетания теста, влияние конструктивных, кинематических и режимных параметров на машинный технологический процесс, отсутствует методика расчета тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста, не разработана методика оценки эффективности их работы. Вследствие этого тестоделительные машины с лопастным нагнетанием теста имеют малый ресурс до первого капитального ремонта /12-14 месяцев/, значительную энерго- и металлоемкость.

Изложенное предопределяло цель и задачи настоящего исследования.

Основой исследования процесса деления теста является математическое описание машинного технологического процесса, устанавливающее связь между конструктивными параметрами машины, интенсивностью механической обработки тестовой массы и ее реологическими свойствами. Такое описание представлено в форме уравнения Лагранжа второго рода.

Так как в тестоделительной машине с лопастным нагнетанием теста момент инерции подвижных масс J постоянный для выбранного режима работы, то уравнение Лагранжа приводится к виду:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_D - M_C,$$

где φ — обобщенная координата;
 t — время;

M_D, M_C — приведенные моменты движущих сил и сил сопротивления.

Величина движущего момента, M_D зависит от механической характеристики двигателя.

Момент сопротивления, M_C на валу приводного двигателя определяется из уравнения:

$$M_D = \frac{M_1'}{i_1 \eta_1} + \frac{M_2'}{i_2 \eta_2} + \frac{M_3'}{i_3 \eta_3} = M_D + M_F + M_G, \quad \text{Н·м}, \quad (1)$$

ся. Представлены результаты производственных испытаний усовершенствованной тестоделительной машины, изложена методика расчета машин рассмотренного типа. Разработаны рекомендации для заводов-изготовителей по усовершенствованию конструкции тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Хлебопекарная промышленность СССР оснащена тестоделительными машинами, использующими поршневой, лопастной, валковый и шнековый способы нагнетания теста. На основании результатов анализа конструкций, технических характеристик тестоделительных машин, опыта их эксплуатации, а также теоретических и экспериментальных исследований установлено, что наиболее перспективными являются машины с лопастным нагнетанием теста, которые выгодно отличаются от остальных типов тестоделительных машин простотой конструкции, отсутствием трения рабочих органов друг о друга и о детали тестовой камеры. К преимуществу выпускаемых в СССР тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста относятся вращение дилительной головки с постоянной угловой скоростью. Это исключает необходимость применения специальных механизмов, обеспечивающих периодическое или реверсивное движение. Наличие в дилительной головке поршней, перемещающихся при наполнении мерных карманов под давлением теста, не требует использования механизмов для принудительного выталкивания доз теста. Учитывая, что машины рассматриваемого типа обеспечивают качественное деление теста из муки всех сортов, в перспективе представляется возможным создание гаммы тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста для основных видов хлебобулочных изделий.

Несмотря на ранее проведенные исследования некоторые вопросы, возникающие при эксплуатации существующих и проектируемых новых машин тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста, остаются

где i_1, i_2, i_3 и η_1, η_2, η_3 - соответственно передаточные отношения и коэффициенты полезного действия от валов нагнетательной лопасти, заслонки и делительной головки к валу двигателя;

M_1, M_2, M_3 - соответственно моменты сопротивлений на валах нагнетательной лопасти, заслонки и делительной головки, приведенные к валу двигателя;

M'_1, M'_2, M'_3 - те же моменты на валах исполнительных механизмов:

$$M'_1 = A \frac{R^2 - r^2}{B} (P_{11} + P_{12}) + \pi \left(\frac{180^\circ - \varphi_1}{180^\circ} \tau_1 + \tau_2 \right) \times \\ \times \left[\frac{1}{2} R^2 + (R^2 - r^2) \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{B}} \right], \text{ Нм}, \quad (2)$$

$$M'_2 = \frac{\pi}{B} \left[P_{11} + \frac{\pi (\varphi_1 - \varphi_2) \tau_2}{90^\circ} (A + 0,707 r_1) \right], \text{ Нм}; \quad (3)$$

$$M'_3 = A \left(P_{11} + \frac{\pi D^2}{4} \tau_3 \right), \text{ Нм}, \quad (4)$$

где A, B, r, r_1, R, D - размеры элементов конструкции /рис.1/, м;

P_{11}, P_{12}, P_3 - давление теста на лопасти 1,2 и заслонку 5, Па;

$\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$ - напряжение сдвига теста, возникающее при его перемещении лопастями 1,2, заслонкой 5 и делительной головкой 9, Па;

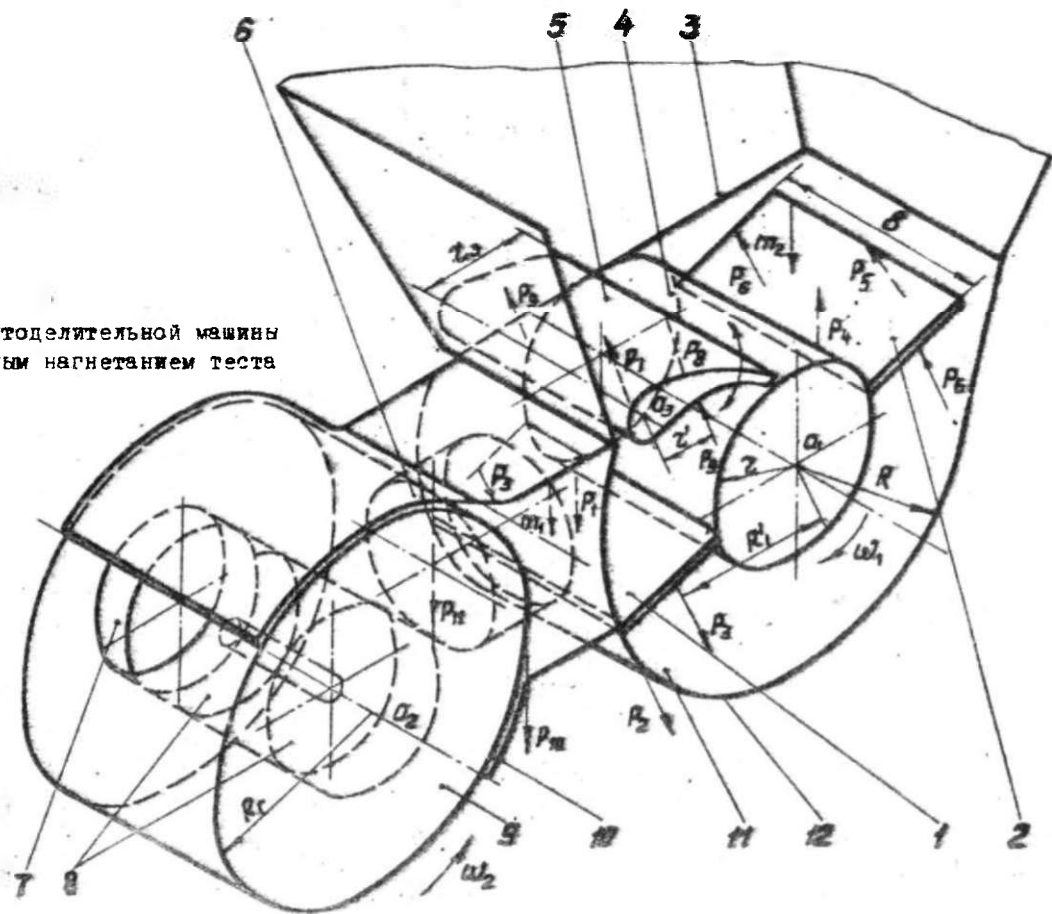
φ_{10} - угол поворота нагнетательной лопасти от начала цикла, град;

φ_1, φ_2 - максимальный и текущий углы поворота заслонки, град;

R_{10} - сила трения делительной головки 9 о козирок 10, Н.

Для практического использования уравнения (1) необходимо располагать данными об изменениях давления на рабочие органы машины и напряжения сдвига теста в течение рабочего цикла. Эти параметры были определены в результате экспериментального исследования, проведенного в производственных условиях на Киевском хлебозаводе № 5. В качестве

Рис.1. Схема тестоделительной машины
с лопастным нагнетанием теста



экспериментальной установки использовалась машина марки А2-ХТН с установленными на ней изготовленными согласно методики проведения эксперимента рабочими органами и деталями. Производительность установки соответствовала $\Pi=15; 30; 45$ и 60 циклов/мин, масса тестовых заготовок -

$m_t = 0,0; 0,4; 0,8$ и $1,2$ кг. Для деления бралось тесто из пшеничной муки 1 сорта влажностью 42% и кислотностью 3 Н.

В процессе эксперимента регистрировались давления на нагнетательную лопасть, заслонку, боковую крышку тестовой камеры, в объеме теста и у мерного кармана, а также крутящие моменты на валах исполнительных механизмов и выходном валу редуктора. Измерения проводились с помощью тензомертической аппаратуры. Кроме этого, самопишущим ваттметром типа ИБ48 регистрировалась потребная мощность приводного электродвигателя. Величины напряжения сдвига теста τ_1 , τ_2 и τ_3 вычислялись по уравнениям (2) и (3) при известных конструктивных размерах тестовой камеры и рабочих органов, а также экспериментально определенных значениях давления теста на рабочие органы и крутящих моментов на валах исполнительных механизмов. Аналитическое решение уравнения (4) затруднительно ввиду зависимости силы $P_{\text{н}}$ от многих, не поддающихся учету, факторов. Экспериментом установлено, что с увеличением производительности величина момента M'_r возрастает. График момента M'_r в функции производительности имеет вид прямой.

Построение по результатам эксперимента полей давления в тестовой камере позволило определить направления течения тестовой массы и установить несоответствие циклограммы машины нормальному протеканию процесса деления.

Для оценки качества протекания машинного технологического процесса были вычислены энергетические, динамические и качественные показатели работы тестомелительной машины.

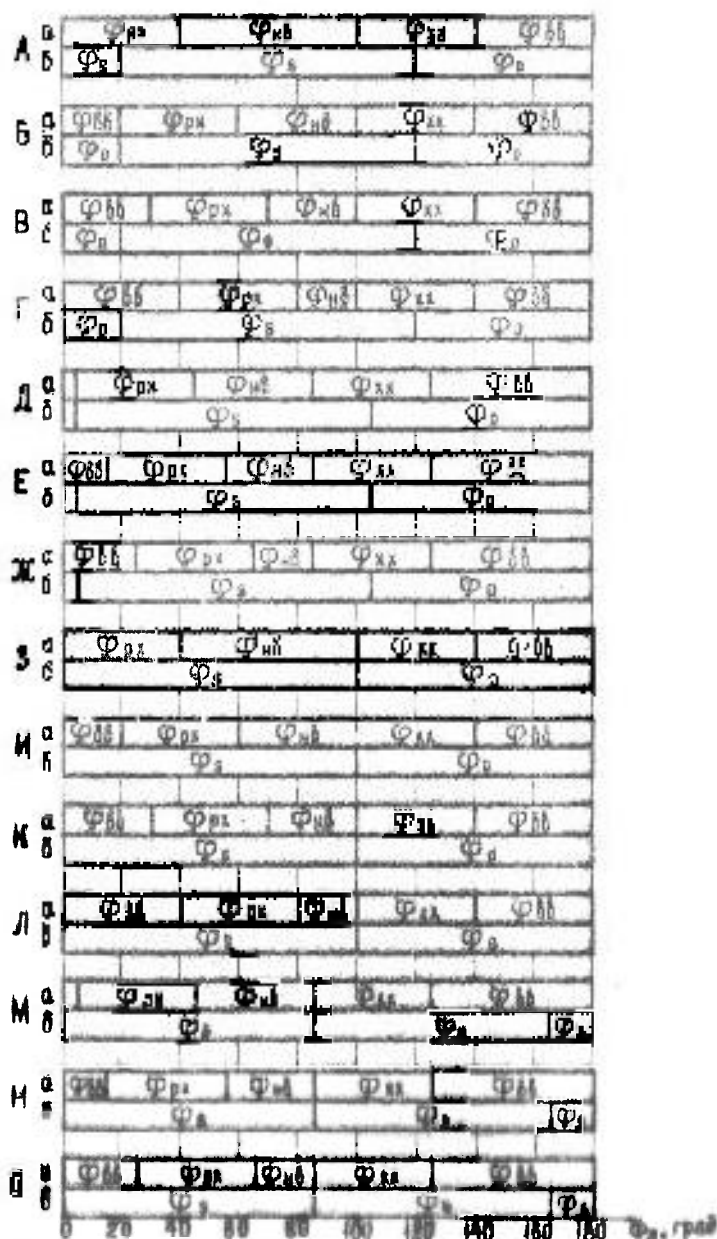


Рис. 2. Циклограммы: А - машины марки А2-ХТН;
Б-О - экспериментальной установки.

Таблица I

Показатели работы тестостативной машины
марки А2-ХТН в экспериментальной установке
при $n = 30$ циклов/мин

Вид цикло- граммы со- гласно рис. 2	$m, \text{ кг}$	Энергетические показатели			Динамические показатели	
		$A, \text{ Дж}$	$A_{\text{ср}}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	$K_3, \%$	$\Delta M, \%$	$\alpha \cdot 10^{-5}$
А	1,2	2850	2380	1,30	100	275
	0,4	2890	7220	0,43	98	270
А, $\varphi_1 = 64^\circ$	1,2	3100	2580	1,20	116	210
	0,4	3260	3150	0,88	110	280
А, $F = 55 \text{ мм}$	1,2	2680	2230	1,38	94	282
	0,4	2750	6870	0,15	90	275
А, $F = 55 \text{ мм}$ $\varphi_1 = 64^\circ$	1,2	2890	2410	1,28	104	280
	0,4	2965	7400	0,42	100	274
Б	1,2	2680	2290	1,38	92	268
	0,4	2730	6820	0,45	90	264
Г	1,2	2310	1920	1,60	55	223
	0,4	2370	5930	0,52	54	235
В	1,2	2510	2100	1,48	76	250
	0,4	2635	6300	0,48	76	245
Ж	1,2	2380	1980	1,53	61	220
	0,4	2400	6000	0,50	60	238
Н, $F = 73 \text{ мм}$ $\varphi_1 = 64^\circ$	1,2	2740	2280	1,35	76	240
	0,4	2800	7000	0,43	75	236
Н, $F = 440 \text{ мм}$	1,2	4350	3620	0,85	107	270
Н, $F = 135 \text{ мм}$	1,2	1740	1450	2,13	62	238
Н, $F = 110 \text{ мм}$	1,2	1820	1520	2,04	65	240

- ΔV - объем теста, вытесняемый лопастью при ее повороте на один градус, $\text{м}^3/\text{град}$;
 V_1, V_2 - соответственно объемы теста в рабочей зоне и в мерном кармане, м^3 .

Вычисленный по уравнению (5) угол $\varphi_{\text{н}}$ для случая деления теста из пшеничной муки I сорта на заготовки массой $m_z = 1,2 \text{ кг}$ составил $25,5^\circ$. Таким образом, угол $\varphi_{\text{н}}$ в машине А2-ХТН можно уменьшить более чем в два раза.

На рис.2, Б-В представлены измененные циклограммы, при которых проводились экспериментальные исследования процесса деления теста. Изменение угла $\varphi_{\text{н}}$ и общей циклограммы тестоделительной машины производилось посредством установки в механизме привода заслонки соответствующих кулачков, смещением делительной головки по циклу на 30° , а нагнетательной лопасти против цикла на 15° .

Как видно из табл.1, соответствующее изменение циклограммы позволяет улучшить показатели работы тестоделительной машины.

В табл.2 приведены результаты определения точности деления теста, откуда видно, что изменением циклограммы точность деления по сравнению с серийной тестоделительной машиной марки А2-ХТН можно повысить более чем на 30%.

Установление влияния основных конструктивных параметров тестовой камеры - ширины b , радиуса цилиндрической поверхности R и радиуса ступицы r нагнетательной лопасти - производилось по разработанной методике с использованием ЭВМ "Найри-К".

Анализ полученных результатов показал /табл.1, виды циклограмм: Н; Н, $b = 440 \text{ мм}$; Н, $b = 110 \text{ мм}$; Н, $R = 135 \text{ мм}$ /, что уменьшение размеров тестовой камеры существенно улучшает показатели работы тестоделительной машины. Представляется более целесообразным уменьшение

выборки и характеристики вариационного ряда. В качестве основного показателя точности принят коэффициент вариации. Величины коэффициентов вариации для машины марки А2-ХТН приведены в табл.2 /циклограмма А/.

Улучшения показателей работы тестододелительной машины можно достичь соответствующими изменением ее конструктивных и кинематических параметров. К конструктивным параметрам относятся геометрическая форма рабочей зоны и размеры тестовой камеры, а также характеристика пружины стабилизатора давления, и кинематическим – циклограмма машины.

Теоретическим исследованием была доказана целесообразность увеличения угла поворота заслонки с 46 до 64°. Экспериментально установлено, что при этом с уменьшением перепада давления между нагнетательной лопастью и мерным карманом от двух в машине А2-ХТН до 1,5 раза в данном случае, давление на рабочие органы значительно возрастает, что приводит к ухудшению энергетических и динамических показателей машины /табл.1, А, $\Phi_1 = 64^\circ$ /. При этом точность деления не повышается /табл.2, А, $\Phi_1 = 64^\circ$ /.

Уменьшением величины предварительной деформации пружины стабилизатора давления с 90 до 55 мм существенно улучшить энергетические и динамические показатели работы машины не удастся /табл.1, А, $F = 55$ мм; А, $F = 55$ мм, $\Phi_1 = 64^\circ$ /.

В тестододелительной машине марки А2-ХТН угол $\Phi_{нв}$ поворота нагнетательной лопасти, в интервале которого происходит наполнение мерного кармана и уплотнение теста в рабочей зоне, равен 60° /рис.2,А/. Теоретическим исследованием установлено, что при делении замороженного теста величина этого угла может быть вычислена по уравнению:

$$\Phi_{нв} = \frac{1}{\Delta V} \left[\frac{\pi_1}{\rho_1} + V_1 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) + V_2 \left(1 - \frac{\rho_3}{\rho_1} \right) \right], \text{ град.} \quad (5)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 – соответственно плотность теста до первого, после первого и после повторного уплотнения, кг/м³;

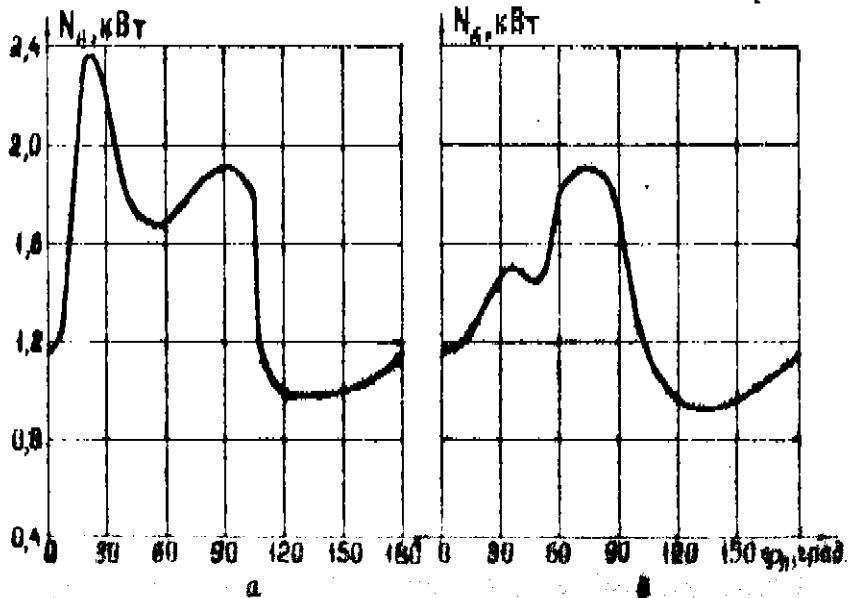


Рис.3. График потребной мощности при $\Pi=30$ циклов/мин и $m_1=1,2$ кг:

а - для машины марки А2-ХТН;
б - для усовершенствованной машины.

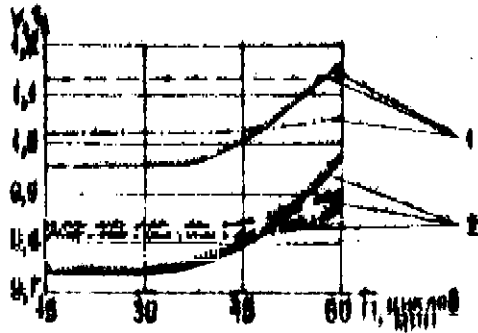


Рис.4. Точность деления теста: 1 - машиной марки А2-ХТН;
2 - усовершенствованной машиной при:

--- $m_1 = 0,4$ кг
- - - $m_1 = 0,8$ кг
— $m_1 = 1,2$ кг

Таблица 2

Точность деления теста
(коэффициенты вариации), %

вид циклограммы согласно рис.2	Производительность, циклов/мин					
	15			60		
	Масса тестовых заготовок, кг					
	0,4	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2
A; A, $\varphi_2 = 64^\circ$	1,13	1,02	0,95	1,13	1,05	1,16
A, $F = 58 \text{ мм}$	1,13	1,04	0,98	1,14	1,10	1,20
B; M	0,88	0,80	0,78	0,88	0,85	0,90
K	0,88	0,80	0,78	0,88	0,87	1,00
L	0,88	0,80	0,80	0,88	0,92	2,40
H, $\varphi_2 = 64^\circ$, $F = 73 \text{ мм}$	0,78	0,75	0,72	0,80	0,78	0,90

радиуса цилиндрической поверхности тестовой камеры, так как уменьшение ее ширины может повлечь за собой ухудшение условий подачи теста из бункера.

Сравнительную оценку вновь созданной или усовершенствованной машины целесообразно производить по величине комплексного показателя экономической эффективности внедрения:

$$\mathcal{E}_y = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c}{\bar{y}} \quad ,$$

где $\mathcal{E}$ — экономическая эффективность внедрения;
 $\bar{y}$ и c — соответственно производительности и массы тестовых заготовок, при которых предполагается эксплуатация машины.

По максимальному значению коэффициента $\mathcal{E}_y$ установлена наиболее рациональная из исследованных вариантов тестоделительная машина с лопастным нагнетателем теста.

Для проверки результатов теоретических и экспериментальных исследований лопастного нагнетания теста на Киевском хлебозаводе № 5 и Переяслав-Хмельницком комбинате продовольствия были проведены испытания усовершенствованных тестододелительных машин с лопастным нагнетанием теста. Усовершенствование заключалось в изменении: а) механизма заслонки; б) шкивов машины; в) характеристики пружины стабилизатора давления. На рис. рис. 3 и 4 представлены графики потребной мощности и коэффициента вариации для машины марки А2-ХТН и усовершенствованной машины.

Годовой экономический эффект внедрения составил 4900 рублей. Экономия получена за счет повышения точности деления, экономии электроэнергии, уменьшения затрат на текущий ремонт, повышения эксплуатационной надежности технологического потока.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований тестододелительных машин с лопастным нагнетанием теста позволяют сделать следующие выводы.

1. Тестододелительные машины с лопастным нагнетанием теста имеют ряд преимуществ по сравнению с тестододелительными машинами других типов. Однако из-за недостаточной изученности механизма процесса деления теста, а также влияния конструктивных, конструктивных и режимных параметров на машинный технологический процесс, эксплуатационная надежность этих машин не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Кроме того, отсутствие научно-обоснованной методики расчета тестододелительных машин рассмотренного типа вынуждает принимать завышенные значения конструктивных параметров передачи и тестовой камеры, что приводит к значительной энерго- и металлоемкости машин.

2.Полученное математическое описание машинного технологического процесса позволяет проводить анализ и синтез тестододелительных машин с лопастным нагнетанием теста с учетом их основных конструктивных параметров, реологических свойств теста и интенсивности его механической обработки. Вычисленные согласно предложенной методики величины нагрузок на исполнительные механизмы машины и ее приводной двигатель удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными.

3.Использование разработанной методики определения продолжительности процесса дозирования и уплотнения теста в зависимости от объема рабочей зоны тестовой камеры, массы тестовых заготовок и реологических свойств теста позволяет правильно составить пилотграмму тестододелительной машины. Так, например, применительно к машине марки А2-ХТН этот интервал времени можно сократить вдвое, что приводит к уменьшению нагрузок на звенья исполнительных механизмов.

4.В результате экспериментального исследования тестододелительной машины марки А2-ЛТН установлено:

а) релаксация напряжений в тесте и высокая эластичность полуфабриката не позволяют при той же характеристике пружины стабилизатора давления поддерживать постоянное значение давления у мерного кармана при различных производительностях тестододелительной машины. Вследствие этого у нагнетательной лопасти давление больше чем у мерного кармана в момент его наполнения при производительностях машины 15, 30, 45 и 60 циклов/мин соответственно в 1,5; 1,7; 2,2 и 2,5 раза, что сказывается на точности деления теста;

б) причинами значительной энергоемкости процесса деления теста являются завышенные конструктивные размеры тестовой камеры и большая продолжительность интенсивной механической обработки тестовой массы;

в) с энергетической точки зрения нецелесообразно разрабатывать машины рассмотренного типа, имеющие широкие диапазоны производительности и массы тестовых заготовок. Для повышения производительности /числа заготовок в минуту/ можно рекомендовать увеличение числа марных карманов делительной головки;

г) при производительности тестоделительной машины не более 45 циклов в минуту с увеличением массы тестовых заготовок точность деления теста возрастает. Так, например, при производительности машины 30 циклов/мин и массе заготовок 0,4 и 1,2 кг коэффициент вариации соответственно равен 1,13 и 0,85%. Превышение производительности свыше 45 циклов/мин снижает точность деления при массе заготовок более 1 кг, не оказывая существенного влияния при меньших развесах.

8. Улучшения экономических, энергетических и динамических показателей тестоделительной машины можно достичь посредством изменения циклограммы машины, геометрической формы рабочей части тестовой камеры и предварительной деформации пружины стабилизатора давления. Так, например, соответствующим изменением циклограммы точность деления теста может быть доведена до $V = 0,73\%$, а уменьшение в известных пределах конструктивных параметров тестовой камеры существенно улучшает качество машинного технологического процесса.

9. Использование разработанной методики сравнительной оценки тестоделительных машин позволило выявить наиболее рациональный вариант машины, в результате копирования и полной эксплуатации которой в производственных условиях доказан целесообразность внедрения ее в производство. Главной экономической эффект от внедрения одной усовершенствованной тестоделительной машины с лопастным нагнетанием теста составляет 4800 рублей.

7. Проведенные исследования позволяют дать следующие рекомендации для заводо-владельцев: а) уменьшить об'ем тестовой камеры

тестоделительной машины марки А2-УТН на 60% за счет уменьшения диаметра ее цилиндрической поверхности, размаха нагнетательной лопасти и диаметра ступицы нагнетательной лопасти; б) установить в механизме привода заслонки кулачок с фазовым углом верхнего выстоя, равным 60° ; в) сместить делительную головку по циклу на 20° , а нагнетательную лопасть на 16° против цикла; г) увеличить максимальный угол поворота заслонки с 46° до 64° ; д) уменьшить величину предварительной деформации пружины стабилизатора давления с 90 до 72 мм; е) уменьшить диаметры валов и геометрические размеры элементов трансмиссии, используя результаты настоящей работы; ж) целесообразно произвести переналадку машин марки А2-УТН, находящихся в эксплуатации, в соответствии с п.7, б-д.

Основные результаты исследований опубликованы в открытой печати и используются Украинским научно-исследовательским и конструкторским институтом продовольственного машиностроения при проектировании новых марок тестоделительных машин. В настоящее время усовершенствованная лопастная тестоделительная машина машиностроительным объединением "Киевпродмаш" подготавливается к серийному производству.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. ЛЕВЧЕНКО А.И., ОКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Некоторые результаты аналитического исследования динамики движения теста в нагнетательной камере тестоделительной машины марки А2-УТН. Тезисы докладов XXXIII научной конференции Киевского технологического института пищевой промышленности, Киев, 1972, с.82.

2. ЛЕВЧЕНКО А.И., ОКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Определение угла поворота нагнетательной лопасти машины А2-УТН. "Хлебопекарная и кондитерская промышленность", № 11, 1972, с.13-15.

3. ЛЕВЧЕНКО А.И., ОКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Математическое описание процесса деления теста в тестоделителе с лопастным способом

нагнетания. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность. Выпуск 9, 1974, с.19-20.

4.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Влияние предварительной деформации пружины стабилизатора давления на процесс деления теста делителем с лопастным нагнетателем. Реферативный сборник. Хлебопекарная и макаронная промышленность, ЦНИИТЭИпищепром, вып.4, 1975, с.22-24.

5.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Деление теста в делителе с лопастным нагнетателем. "Хлебопекарная и кондитерская промышленность", № 6, 1975, с.20-22.

6.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Эспериментальное исследование тестоделителя с лопастным способом нагнетания теста. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность. Выпуск 10, 1975, с.22-23

7.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С. Улучшение динамических свойств тестоделителей с лопастным нагнетателем. Сб. "Пищевая промышленность", вып.21, 1976, с.71-74.

8.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. Комплексный показатель эффективности новых моделей тестоделителей. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность. Выпуск 11, 1976, с.37-38.

9.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С., ШАПРАН В.З. и др. Расчет тестоделителей с лопастным нагнетателем. "Хлебопекарная и кондитерская промышленность", № 6, 1976, с.30-31:

10.ЛЕВЧЕНКО А.И., СКРИПКО И.С. Влияние геометрической формы рабочей вонн тестовой камеры тестоделителя с лопастным нагнетателем на процесс нагнетания теста. Сб. "Пищевая промышленность", вып.22, 1976, с.13-16.