

1714

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ
ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ МУКОМОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ЭЛЕВАТОРНОГО ХОЗЯЙСТВА имени И. В. СТАЛИНА

На правах рукописи

Инж. Г. Д. ГАЛЬПЕРИН

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
И ВЕЛИЧИНА МОЩНОСТИ,
ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ
ЧЕРЕЗ МЕЖКАТКОВУЮ ПЕРЕДАЧУ
ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ
МУКОМОЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ**

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ,
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Научный руководитель
—заведующий кафедрой „Технологическое оборудование“,
кандидат технических наук, доцент А. В. ПАНЧЕНКО

ОДЕССА — 1951 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ МУКОМОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ЭЛЕВАТОРНОГО ХОЗЯЙСТВА имени И. В. СТАЛИНА

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

Инж. Г. Д. ГАЛЬПЕРИН

СЧ
П 175

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
И ВЕЛИЧИНА МОЩНОСТИ,
ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ
ЧЕРЕЗ МЕЖКАТКОВУЮ ПЕРЕДАЧУ
ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ
МУКОМОЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ,
ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Научный руководитель
— заведующий кафедрой „Технологическое оборудование“,
кандидат технических наук, доцент А. В. ПАНЧЕНКО

ОПЛАТ 16.05.12
Технологическое знач



100224

ет 19/84

ОДЕССА — 1951 г.

Введение

И. В. Сталин в своей исторической речи 9-го февраля 1946 г. перед избирателями Сталинского избирательного округа гор. Москвы, говоря о планах развития народного хозяйства СССР на ближайшие несколько пятилеток, поставил перед советским народом задачу: «...Организовать новый мощный подъем народного хозяйства, который дал-бы возможность поднять уровень нашей промышленности, например, второе по сравнению с довоенным уровнем».

Успешное выполнение задач послевоенной Сталинской пятилетки является ярчайшим свидетельством новых исторических побед, одержанных нашей страной под руководством великой партии Ленина—Сталина в деле строительства коммунистического общества.

Борьба за дальнейший экономический подъем народного хозяйства Советского Союза немыслима без количественного и особенно качественного роста основных средств производства, немыслима без высокопроизводительного использования внутрипромышленных резервов.

В мукомольном производстве основным оборудованием, определяющим течение и эффективность технологического процесса, являются вальцовые станки. В нагруженной катковой паре вальцового станка, как и в любой замкнутой кинематической цепи, возникает явление циркуляции мощности. Это важное явление, меняющее коренным образом условия работы отдельных звеньев механизмов, в последние десятилетия изучается советскими учеными и в первую очередь академиком Е. А. Чудаковым, проф. В. В. Добровольским, проф. В. И. Заславским, доц. А. А. Никитиным и др.

Вопрос о технологическом значении циркулирующей в вальцовом станке (межкатковой) мощности, возможность регулирования по ее величине эффективности работы ненарезной катковой пары вальцового станка были почти совершенно не изучены. Именно недостаточность теоретических предпосылок и научно-экспериментальных исследований в этом направлении заставляет мукомольные предприятия пользоваться опытными,

подчас недостаточно обоснованными соотношениями скоростей катков вальцовых станков. Это препятствует также прокладыванию новых прогрессивных путей в высокопроизводительном использовании вальцовых станков при переработке зерна с различными структурно-механическими свойствами, при изменяющемся в процессе износа качестве рабочей поверхности катковой пары, при изменении нагрузочных условий ее работы.

К тому же отсутствие достоверных данных о величине мощности, циркулирующей через межкатковую передачу, лишает возможности правильно подойти к выбору новой, наиболее рациональной межкатковой передачи. Вот почему и до сих пор, в течение более целого столетия, в межкатковых передачах вальцовых станков применяются почти исключительно зубчатые колеса, имеющие в данном случае ряд существенных эксплуатационных и технико-экономических недостатков; наряду с этим зубчатые межкатковые передачи вальцовых станков создают высокий уровень шума, резко ухудшая этим условия труда рабочих мукомольных мельниц.

Изучению некоторых условий втягивания продукта в рабочую зону катковой пары и вытекающему из этих условий вопросу о технологическом значении и величине циркулирующей (межкатковой) мощности в вальцовых станках, а также разработке и производственному освоению новых межкатковых передач, в том числе передачи, позволяющей оперативно регулировать кинематические условия работы катковой пары для достижения более высоких технологических и экономических результатов воздействия ее на зерно и продукты его дробления—и посвящена наша работа.

Научный руководитель и исполнитель данной работы считают своим долгом выразить искреннюю благодарность Главному Управлению Мукомольной Промышленности за оказанную помощь в выполнении этой работы.

I. Нагруженная катковая пара вальцового станка как замкнутая кинематическая цепь

В предисловии к трудам ДИИТ (1948 год) о статье доц. А. А. Никитина, в которой дано подробное аналитическое исследование явления циркуляции мощности в замкнутой кинематической цепи, указано, что последняя «...посвящена одному из весьма сложных вопросов машиностроения, до сих пор вызывающему противоречивые толкования».

И если в общетехнической литературе явление циркуляции мощности вызывает противоречивые толкования, то в специальной научно-технической литературе, касающейся мукомольного производства, зачастую отрицается вытекающая из сущности замкнутых кинематических цепей возможность превышения мощности внутренних взаимно-уравновешивающихся сил над мощностью подводимой. К тому же циркуляция мощности необоснованно именуется «оборотом энергии», что приводит к выводам о парадоксальности явления, т. е. к противоречию с законом сохранения энергии.

Вопрос о циркуляции мощности является и до сих пор относительно малоисследованным, недостаточно освещенным в литературе и возникшим главным образом по следующим причинам:

а) поломка или усиленный износ звеньев механизмов с замкнутыми кинематическими цепями;

б) изыскание возможности испытания крупных механизмов на износ без больших энергетических затрат;

в) изучение причины низкого коэффициента полезного действия некоторых видов редукторов.

Величину мощности, возвращаемую медленно вращающимся катком (М) быстро вращающемуся катку (Б) (через межкатковую передачу), авторы, занимавшиеся исследованием этого вопроса, рассматривают по разному и делают совершенно различные выводы. Для иллюстрации этого положения приведена таблица 1 результатов подсчета величины межкатковой мощности для следующих, например, конкретных условий:

- мощность, подводимая к станку $N_{под} = 10$ кВт;
- диаметры катков $D_б = D_м = 250$ мм;
- скольжение катков $i = \frac{V_б}{V_м} = 1,5$, где $V_б$ и $V_м$ — окружные скорости, соответственно, катков Б и М;
- число оборотов катка Б $n_б = 460$ об/мин.;
- разность скоростей $V_p = V_б - V_м = 6 - 4 = 2$ м/сек.

Таблица 1

№ п/п	Кем предложен способ расчета межкатковой мощности	Предлагаемое выражение величины межкатковой мощности	Результат в кВт
1	По предложению к. т. н. Л. И. Розенштейна (1929 г.) . . .	$N_{мп} = 0,36 \cdot N_{под}$	3,6
2	По предложению инж. Блинова (1932 г.)	$N_{мп} = \frac{1}{2i} \cdot N_{под}$	3,33
3	По известному в учебной литературе, уравнению (1935 г.) . . .	$N_{мп} = \frac{1}{i-1} \cdot N_{под}$	20
4	По уравнению инж. Алексеева (1940 г.)	$N_{мп} = \frac{V_p (4,7 - V_p)}{V_p^2 + 2,17 V_p + 1,18} \cdot N_{под}$	7
5	По рекомендации ¹⁾ к. т. н. А. Р. Демидова (1948 г.)	$N_{мп} = (0,35 \div 0,5) N_{под}$	3,5 ÷ 5
6	По способам расчета замкнутых кинематических цепей ²⁾ . . .	—	20

Как видно из этой таблицы для одних и тех же исходных данных можно получить $N_{мп}$ от 3,3 до 20 кВт, что иллюстрирует полную неразработанность вопроса о межкатковой мощности.

Явление циркуляции мощности в нагруженной катковой паре вальцового станка, самым тесным образом связано с

¹⁾ К. т. н. А. Р. Демидов ограничивает область применения данного уравнения 1-й драной — системой и применение его к $i = 1,5$ не вполне правильно.

²⁾ Расчет катковой пары вальцового станка по данным способам проводился без учета специфики работы станка, т. е. при полном незнании действующих при этом усилий. Следовательно, привлечение способа расчета замкнутых кинематических цепей к расчету вальцового станка хотя и является правильным, но это не исключает возможности получения неправильного результата из-за общей неразработанности вопроса.

усилиями, обуславливающими втягивание частиц продукта в рабочую зону катков, их измельчение и прохождение ими рабочей зоны.

Опираясь на выдающиеся для своего времени работы проф. П. А. Афанасьева (1883 г.), вопрос об усилиях втягивающих частицу в рабочую зону катковой пары, рядом авторов и до настоящего времени излагается без всякого дальнейшего развития в сравнении с первоисточником.

Основным и единственным условием втягивания частицы в рабочую зону признана необходимость превышения угла трения (φ) над углом захвата (α).

Согласно гипотезе, принятой в данной работе, процесс втягивания частицы в рабочую зону катковой пары, рассматривается как результат действия на нее касательного усилия со стороны быстровращающегося катка $T_б$. Все остальные силы, действующие на частицу со стороны катков, а именно касательное усилие $T_м$ (со стороны катка М) и нормальные усилия ($Q_б$ и $Q_м$), противодействуют этому процессу.

Так как частица под действием приложенных сил находится в движении, то указанные силы должны составлять незамкнутый многоугольник сил с результирующей направленной по направлению ускорения частицы. Если к силам действующим приложить силу инерции, равную по величине результирующей и противоположно направленную, то можно записать уравнения динамического равновесия, проектируя все силы на направление ускорения частицы и направление ему перпендикулярное (т. е. на линию, соединяющую центры катков). Из этих уравнений вытекают два условия, необходимые для втягивания частицы в рабочую зону катковой пары (для $i > 1$):

$$T_б \cos \alpha > T_м \cos \alpha + (Q_б + Q_м) \sin \alpha \quad (1)$$

$$Q_м = Q_б + (T_б + T_м) \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

С переходом от отдельной частицы, захватываемой катками к установившемуся процессу измельчения совокупности частиц, необходимо угол захвата (α) заменить углом (β) между равнодействующими всех нормальных сил Q и линией, соединяющей центры катков.

Величина и направление касательных усилий обусловлена технологической стороной процесса (при данных кинематических соотношениях), т. е. физическими свойствами измельчаемого продукта, состоянием поверхности катков, величиной загрузки, величиной межкаткового зазора и др. факторами.

Касательные усилия, вызванные технологическими и кинематическими факторами, скручивают валы замыкающей кинематической цепи и вызывают соответствующие внутренние силы в звеньях межкатковой передачи. Эти силы умноженные на скорость точек их приложения, и дают величину циркулирующей межкатковой мощности.

Таким образом, величина циркулирующей мощности зависит и от технологических факторов и в экспериментальной части работы следует искать причинно-следственную связь между ними.

Из неравенства (1) и уравнения (2) вытекает зависимость:

$$N_{мп} \leq \frac{N_{под}}{\frac{i}{\eta_{мп}} \left(\cos 2\beta + \frac{\sin 2\beta}{K_m} \right) - 1}, \dots \quad (3)$$

где $K_m = \frac{T_m}{Q_m}$ и

$\eta_{мп}$ — к. п. д. межкатковой передачи.

При постоянной весовой подаче с уменьшением V_m (т. е. с увеличением i) угол β должен возрастать.

Решая уравнение (3) относительно β получаем:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\frac{1}{K_m} + \sqrt{\frac{1}{K_m^2} \left(\frac{N_{\sigma} \cdot \eta_{мп}}{N_{мп} \cdot i} \right)^2 + 1}}{\frac{N_{под} \cdot \eta_{мп}}{N_{мп} \cdot i} + \frac{\eta_{мп}}{i} + 1}, \quad (4)$$

где $N_{\sigma} = N_{под} + N_{мп}$.

II. Задача исследования, методика и экспериментальная установка

Основными целями данного исследования являлось следующее:

1) Проверка рабочей гипотезы о распределении усилий в механизме катковой пары и о циркуляции мощности через межкатковую передачу.

2) Изучение причинно-следственной связи между некоторыми условиями процесса измельчения и межкатковой мощностью.

3) Практически достоверное определение величины мощности, которой могут быть загружены межкатковые передачи вальцовых станков.

В этих целях экспериментальному определению подвергались следующие величины:

$N_{под}$ — мощность подводимая к станку,

N_m — мощность получаемая катком M из рабочей зоны,

$N_б$ — мощность отдаваемая в рабочую зону с поверхности катка B ,

$U_{38/0}$ — извлечение муки и

$U_{18/54}$ — извлечение крупы в зависимости от:

i — скольжения катков,

b — межкаткового зазора,

q_d — весовой подачи,

$q_{пмк}$ — нагрузки в граммах на 1 м^2 пробегающей поверхности катка M и

$H_{ск}$ — величины средней квадратичной неровности поверхности катков.

В рабочей гипотезе было высказано предположение о зависимости межкатковой мощности от технологических факторов. Поэтому для целей экспериментального исследования подбиралось зерно различное по физическим свойствам и подготовка зерна к помолу для различных серий помолов производилась при различных условиях.

Размолу на экспериментальном вальцовом станке подверглись указанные в таблице 2 сорта зерна:

Таблица 2

№ п/п	Сортовая характеристика зерна	Общая стекловидность в процентах	Где выращена
1	Озимая пшеница Мильтурум 533	9	В Новосибирской области.
2	Продовольственная (рядовая) урожая 1947 г.	34	В Одесской области.
3	Озимая пшеница Одесская 3 . .	42	В Одесской области.
4	Озимая пшеница Ворошиловская	66	В Ставропольском крае
5	Яровая пшеница Мелянопус 69	80	В Одесской области.
6	Яровая пшеница Мелянопус 69	87	В Саратовской области.
7	Зеленозерная рожь Петкуская (Веселоподолянская)	38 ÷ 40	В Одесской области.

Пределы изменения кинематических и нагрузочных условий были приняты следующими:

а) окружная скорость катка B $V_б = 4 ÷ 12 \text{ м/сек}$;

б) скольжение катков $i = 0,997 ÷ 4,0$;

в) весовая подача для нарезных катков

$$q_n = 16,5 \div 41,5 \frac{\text{кг.}}{\text{час см}}$$

и для ненарезных $q_n = 2,9 \div 7,25 \frac{\text{кг.}}{\text{час см}}$;

г) межкатковый зазор для нарезных катков $b = 0,5 \div 1,2$ мм
и для ненарезных катков $b = 0,04 \div 0,25$ мм.

Подготовка зерна к помолу проведена не одинаково, а именно: без увлажнения, с увлажнением, с увлажнением и последующим мокрым шелушением.

Материальной базой исследования служил специально оборудованный для этой цели станок. Подводимая к станку мощность измерялась сконструированным для данного исследования крутильным механическим динамометром смонтированным непосредственно на валу катка Б. Распорное межкатковое усилие измерялось при помощи датчика омического сопротивления. Циркулирующая мощность, в отличие от всех предыдущих исследований измерялась при замкнутой кинематической цепи также специально сконструированным для целей данного исследования зубчатым динамометром.

Для изучения гранулометрического состава исходных продуктов, а также полученных в результате измельчения на вальцовом станке, был применен лабораторный кривошипный просеватель, с набором из 8-ми сит, с модулем набора $M = 1,38$ и $M = 1,21$.

III. Экспериментальное исследование величины циркулирующей (межкатковой) мощности и ее связи с технологическими результатами работы катковой пары вальцового станка

В результате измельчения промежуточных продуктов дробления зерна ненарезными шероховатыми катками получены данные о величине и технологическом значении циркулирующей (межкатковой) мощности, подтверждающие основные положения рабочей гипотезы, которые сводятся к следующему:

1. В области от $i = 1,1$ до $i = 1,5$ межкатковые мощности зачастую и значительно (иногда более чем в 2 раза) превышают подводимую мощность. Следовательно, катковая пара вальцового станка должна быть отнесена к механизмам с замкнутой кинематической цепью, для которых такие явления вполне реальны.

2. Величина мощности, циркулирующей через межкатковую передачу, изменяется в зависимости от ряда факторов, и, для принятых нами условий опыта, подчиняется следующим зависимостям:

а) при изменении скольжения от $i=1,1$ до $i=4$ $N_{мп}$ подчиняется зависимости (3) и претерпевает максимум в пределах от $i=1,1$ до $i=1,5$. При $V_6=6$ м/сек, $b=0,05$ мм, $q_L=6,25 \frac{\text{кг}}{\text{час см}}$, $H_B=470$ кг/мм² (по Бринеллю) $i=1,1 \div 4$, $H_{ск}=1,95 \div 9,5 \mu$ и размоле крупных и средних крупок,
$$N_{мп} = \frac{i}{0,007 i^2 + 0,02 i - 0,0225} \text{ Вт/см};$$

б) при изменении межкаткового зазора

$$N_{мп} = \frac{1}{ab + c} \text{ Вт/см},$$

где a и c коэффициенты зависящие от скольжения, например:

$$\begin{array}{lll} \text{при } i=1,1 & -1,3 & -1,5, \\ a=0,100 & -0,130 & -0,123, \\ b=0,040 & -0,0032 & -0,0079. \end{array}$$

Данные величины a и c являются осредненными в указанных пределах $H_{ск}$ и крупок, принятых в качестве подопытных образцов при выполнении данной работы.

3. Максимальная межкатковая мощность, циркулирующая в замкнутой кинематической цепи катковой пары была получена нами при измельчении схода с ситовойки при $i=1,1$, $b=0,04$ мм, $V_6=6$ м/сек, $H_{ск}=5,4 \mu$, $q_L=6,25 \frac{\text{кг}}{\text{час см}}$ и не превышала $0,154 \frac{\text{Вт}}{\text{см}}$.

4. При изменении скольжения изменяется угол β причем это изменение подчиняется зависимости (4).

5. При $i > 1$ и $i < 1$ экспериментально подтверждаются выведенные теоретически соотношения между касательными усилиями, т. е. T_6 всегда больше T_m .

При $i=1$ $\frac{N_{мп}}{\eta_{мп}} = -\frac{1}{2} N_{под}$, касательные усилия взаимно равны, циркуляция мощности при этом отсутствует.

6. Результаты опытов проведенных при значениях i весьма близких к единице приводят к выводам, которые не входили в задачу нашего исследования:

а) При работе плющильной катковой пары или каландров (применяемых, например, в производстве искусственной кожи), несмотря на межкатковую передачу с $i=1$, последняя загружена иногда значительно большими мощностями чем $\frac{1}{2} N_{под}$.

Это вытекает из фактического, даже незначительного неравенства диаметров катков, применяемых в производственных условиях.

Так например, при межкатковой передаче с передаточным отношением равным единице, но при $\frac{D_6}{D_m} = \frac{223,3}{223,8} = 0,997$, межкатковая передача была загружена большей мощностью чем $N_{под}$. Этим можно объяснить тот факт, что, например, в каландрах промежуточные зубчатые колеса (связывающие катки) выполняются с модулем $m=18$ мм и более, при $m=12$ мм для приводных зубчатых колес.

6) Эти опыты указывают на недопустимость параллельных передач и подчеркивают необходимость: тщательной и точной обработки канавок шкивов многорядных клиноременных передач (и других передач гибкой связью), тщательного подбора размеров клиновых ремней.

7. Межкатковое распорное усилие с увеличением скольжения уменьшается в области от $i=1$ до $i=2,67$, после чего имеется тенденция к повышению. В указанной области скольжения и для условий, описанных в п. 2, это усилие подчиняется зависимости:

$$Q_m \cos \beta = \frac{1}{0,16 i - 0,08} \text{ кг/см.}$$

8. Ни величина межкаткового зазора, ни величина усилия на каток М, не может полностью характеризовать процесс размола, т. к. при одном и том же зазоре или при одном и том же распорном усилии может быть получен различный эффект измельчения продукта, если качество поверхности катков или физические свойства измельчаемого продукта будут неодинаковыми.

9. Величина касательных усилий T_6 и T_m и величина межкатковой мощности могут вполне характеризовать процесс размола, т. к. эти усилия зависят от всех факторов и условий, при которых происходит этот процесс.

10. Максимум межкатковой мощности для большинства продуктов почти точно совпадает с максимумом извлечения.

11. В зависимости от класса чистоты поверхности катков, свойств измельчаемого продукта и других факторов, максимум извлечения и межкатковой мощности может перемещаться в указанных пределах скольжения $i=1,1 \div 1,5$.

12. Вышеприведенные выводы убеждают в необходимости создания межкатковой передачи с переменным передаточным отношением для возможности настройки станка на максимальную мощность $N_{мп}$ т. е. на максимум извлечения $U_{38/0}$.

В результате дробления зерна нарезными катками получены данные о величине касательных усилий и межкатковой мощности, которые, кратко, сводятся к следующему:

1. При $i=1,1$ межкатковая мощность также превышает подводимую.

2. Величина мощности циркулирующей через межкатковую передачу зависит от ряда факторов:

а) При изменении скольжения от $i=1,1$ до $i=4,0$, для принятых нами подопытных образцов зерна, при $b=0,9$ мм, $V_6=6$ м/сек, $q_n=27 \frac{\text{кг}}{\text{час см}}$ и $R=5$ рифлей на 1 см, межкатковая мощность изменяется подчиняясь зависимости:

$$N_{\text{мп}} = \frac{i}{0,048 i^2 - 0,0875 i + 0,055} \frac{\text{вт}}{\text{см}};$$

б) для тех же условий опыта, но при $i=2,67 = \text{const}$, с изменением окружной скорости катка Б от $V_6=4$ м/сек до $V_6=12$ м/сек межкатковая мощность изменяется, подчиняясь зависимости:

$$N_{\text{мп}} = 0,625 V_6 + 11,6 \frac{\text{вт}}{\text{см}};$$

в) для принятых условий опыта, но при $i=2,67$ с изменением межкаткового зазора от $b=0,5$ мм до $b=1,1$ мм, межкатковая мощность изменяется, подчиняясь зависимости:

$$N_{\text{мп}} = \frac{1}{ab - c} \frac{\text{вт}}{\text{см}},$$

где a и c — коэффициенты, зависящие от скольжения;

г) для принятых условий опыта, но при $i=2,67$, и при изменении весовой подачи в пределах $q_n=14,4 \div 36 \frac{\text{кг}}{\text{час см}}$, межкатковая мощность изменяется, подчиняясь зависимости:

$$N_{\text{мп}} = \frac{1}{0,123 - 0,002 q_n} \frac{\text{вт}}{\text{см}}.$$

3. Максимальная величина межкатковой мощности при работе нарезными катками получена при дроблении озимой пшеницы Одесская 3, $b=0,5$ мм, $R=5$ рифлей на 1 см, $i=1,3$, $V_6=6$ м/сек и $q_n=27 \frac{\text{кг}}{\text{час см}}$ и не превышала 10-ти $\frac{\text{квт}}{\text{м}}$.

Для производственных условий, т. е. при $b=0,9$ мм и $i=2,67$, межкатковая мощность не превышает (для 1-й др. системы):

$$N_{\text{мп}} = 2 \text{ квт/м.}$$

4. Подтверждается также высказанное в рабочей гипотезе предположение о неравенстве касательных усилий T_6 и T_m . Разность этих усилий (T_p), характеризующая условия вовлечения продукта в рабочую зону, с изменением скольжения изменяется, претерпевая минимум при $i = 2,67$.

При увеличении межкаткового зазора, несмотря на улучшение условий втягивания продукта в рабочую зону, T_p не всегда уменьшается. Это, следует полагать, происходит потому, что с увеличением b T_6 уменьшается менее интенсивно чем T_m , вследствие постоянства энергии расходуемой катком B на приращение кинетической энергии продукта и уменьшения энергии, получаемой катком M из рабочей зоны.

5. Проведенные опыты подтверждают, что нельзя подобрать такого скольжения, при котором выход промежуточных продуктов был бы максимальным, качество их наиболее высоким, а затрата энергии минимальной. Применяемая в мукомольном производстве величина скольжения катков вальцовых станков $i = 2,5$ практически обеспечивает снижение затраты энергии, достаточный выход и удовлетворительное качество круподуновых продуктов.

6. С изменением скольжения (i) подводимая мощность ($N_{под}$) изменяется, претерпевая минимум в области $i = 2,3 \div 3,1$. Извлечение же крупок $U_{18/54}$ с увеличением скольжения чаще всего возрастает, качество крупок (по зольности) при этом снижается.

7. Возникает необходимость в создании межкатковой передачи с переменным передаточным числом для настройки станка на режим в пределах $i = 2,3 \div 3,1$, на оптимальное (по количеству и качеству промежуточных продуктов) скольжение (i).

IV. Новые межкатковые передачи, их конструкция, испытание и внедрение в промышленность

1. Предложенная в 1946 г. доц. А. В. Панченко и выполненная в 1949 г. вариационная межкатковая передача устраняет коренной недостаток зубчатой межкатковой передачи, а именно чувствительность ее к изменениям межцентрового расстояния.

2. Указанная передача допускает регулирование (на ходу) величины скольжения, т. е. дает возможность работникам мельницы влиять на технологическую эффективность измельчения изменением скольжения.

3. Для возможности настройки ненарезной катковой пары на максимум межкатковой мощности (при котором достигается максимальное извлечение), необходима разработка динамометра межкатковой мощности.

Один из возможных вариантов выполнения такого прибора описан в настоящей работе и основан на связи между передаваемым вариатором крутящим моментом и усилием, развиваемым отклоненной рабочей ветвью ремня вариатора на поршень динамометра.

4. Из приведенных технологических испытаний данной передачи следует, что путем регулирования скольжения при измельчении продуктов IV-ой размольной системы расход энергии на процесс измельчения может быть снижен на 15÷20%.

При дроблении продуктов III-й и IV-й драных систем таким же способом можно добиться снижения расхода энергии на процесс дробления до 35%.

5. При проектировании новой межкатковой передачи с постоянным передаточным отношением мы остановились на новой цепной передаче, имеющей ряд преимуществ по сравнению с другими передачами гибкой связью. Эти преимущества выражаются в точном передаточном отношении, в отсутствии предварительного натяжения, в возможности хорошей работы при малых межцентровых расстояниях.

6. По сравнению с зубчатой межкатковой передачей, предлагаемая новая цепная передача имеет ряд преимуществ:

а) отсутствует необходимость в замене деталей передачи при износе поверхностей катков, т. е. при уменьшении межцентрового расстояния;

б) сравнительная бесшумность в работе, что должно улучшить условия труда на вальцовом этаже мельзаводов и снижать личный фактор при травматизме;

в) большая эластичность в работе в смысле сглаживания толчков;

г) уменьшенная нагрузка на 1 зуб звездочки, вследствие одновременного нахождения в зацеплении ряда зубьев.

В качестве гибкого звена для данной передачи применена приводная пластинчатая зубчатая двухсторонняя (бесшумная) цепь, выпускаемая заводами СССР.

Несмотря на то, что предлагаемая новая цепная передача требует несколько больших первоначальных затрат на ее изготовление, указанные выше преимущества этой передачи должны вызвать снижение эксплуатационных расходов на межкатковую передачу, что является одной из причин одобрения ее производственными работниками.

Окончательные выводы о целесообразности широкого распространения этой новой межкатковой передачи на предприятиях «Главмуки» будут сделаны к концу 1951 года по результатам эксплуатации ее на мельзаводе № 2 Одесского треста «Главмука».

V. Общие выводы и практические предложения

1. Условия втягивания частиц продукта в рабочую зону катковой пары, изложенные в технической литературе по технологическому оборудованию и технологии мукомольного производства, исключают имеющую место в действительности циркуляцию мощности через межкатковую передачу.

Эти условия являются верными лишь при скольжении $i=1$. В действительности же эти условия таковы, при которых проекция на направление ускорения частиц продукта усилия T_0 всегда больше проекции усилия T_m на величину, необходимую для преодоления сопротивления втягиванию продукта в рабочую зону и для приращения его кинетической энергии.

2. Ненагруженная катковая пара вальцового станка является обычным механизмом с разомкнутой кинематической цепью. Величина мощности ($T.V$) в этом случае на любом из звеньев будет численно меньше, чем ($T.V$) привода на величину потерь. В нагруженной катковой паре образуется замкнутый контур циркулирующей мощности. Мощность, загружающая этот контур, при некоторых кинематических соотношениях и факторах технологического характера может превосходить (в 2 и более раз) мощность, потребную для привода катковой пары, т. е. касательные усилия (T) всех звеньев катковой пары и окружные скорости точек их приложения V не связаны между собой законом обратной пропорциональности.

3. Циркулирующая (межкатковая) мощность не может производить внешней работы, но загружает звенья межкатковой передачи и все расчеты последней на прочность, износ и др. должны базироваться на фактически передаваемой циркулирующей мощности, а не на мощности подводимой.

4. Для возможности настройки ненарезной катковой пары на максимум извлечения ($U_{38/\mu}$) и настройки нарезной катковой пары на оптимальные режимы (по количеству и качеству промежуточных продуктов дробления при минимальном расходе энергии), необходимо иметь возможность изменять скольжение катковой пары в первом случае в пределах $i=1,1 \div 1,5$ и во втором случае в пределах $i=2,3 \div 3,1$ (для 1-й драной системы).

5. Вышеприведенные выводы убеждают в необходимости оборудования вальцовых станков вариационной межкатковой передачей.

6. Выполненная и испытанная вариационная передача не является единственным возможным решением, а лишь первой попыткой, предпринятой с целью дать возможность мельничным работникам влиять на технологический процесс помола зерна в муку изменением скольжения катков.

7. Данная вариационная передача сдана мельзаводу № 18 одесского треста Главмука для долговременных производственных испытаний. Из приведенных технологических испытаний данной передачи следует, что при измельчении продуктов IV размола на нарезной катковой паре ($R=18$ рифлей на 1 см) с переходом от скольжения $i=2,5$ к $i=3,5 \div 4$ расход энергии на указанный процесс может быть снижен на $15 \div 20\%$. При дроблении продуктов III-й и IV-й драных систем (при тех же условиях) снижение расхода энергии на процесс измельчения может быть до 35% .

8. Из результатов проведенных технологических испытаний мы не даем рекомендаций в отношении величины оптимальных скольжений для измельчения различных продуктов, что является темой будущих исследований, а лишь указываем на возможность снижения расхода энергии на процесс измельчения путем внедрения в промышленность вариационной межкатковой передачи.

9. В условиях работы крупных мельзаводов отдельные системы могут быть всегда загружены, примерно, одинаковыми промежуточными продуктами дробления зерна. Если поддерживать при этом изменения качества рабочей поверхности катков в незначительных пределах, то возможно применение постоянного оптимального скольжения. Предложенная для этой цели межкатковая передача, гибкое звено которой является пластинчатой зубчатой двухсторонней (бесшумной) цепью, устраняет коренные недостатки применяемых в настоящее время межкатковых передач.

10. Эта передача, смонтированная в феврале 1951 года на 6-ой размольной системе мельзавода № 2 Одесского треста «Главмука», принята мельзаводом в эксплуатацию. Бесшумность в работе данной передачи и нечувствительность ее к изменению межцентрового расстояния послужили причиной того, что по истечению первых месяцев эксплуатации она была одобрена производственными работниками и намечен перевод ряда вальцовых станков на новые цепные межкатковые передачи.