

УДК 641.512

Шейна А. В., аспірант¹

Мельник О. Є., канд. техн. наук., доцент¹

¹ Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: sheyina@donnuet.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПРИ РІЗАННІ

UDK 641.512

Sheyina A. V., PhD student¹

*Melnik O. E., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: sheyina@donnuet.edu.ua

RESEARCH OF THE FRICTION PROPERTIES OF THE PLANT RAW MATERIAL BY CUTTING

Мета статті — дослідження фрикційних властивостей рослинної сировини за умов її подрібнення із застосуванням овочерізок дискового типу, встановлення впливу на зусилля тертя швидкості ковзання, тривалості контакту пар тертя та надання рекомендацій щодо урахування факторів впливу під час проектування овочерізного обладнання.

Методи. Для досліджень розроблено та виготовлено експериментальну установку дискового типу, яка дозволяє в широкому інтервалі змінювати швидкість ковзання і всебічно до-сліджувати фрикційні властивості харчових продуктів. Визначення зусиль відбувалося тен-зометричним способом із використанням сучасного обладнання та ліцензійного програмного забезпечення.

Результати. Встановлено вплив тривалості контакту пар тертя на величину зусилля різання. Для процесів подрібнення рослинної сировини, які є короткотривалими, рекомендова-но використовувати миттєвий коефіцієнт тертя, який в інтервалі швидкостей від 0,75 до 2,6 м/с зменшується.

Встановлено залежність впливу швидкості ковзання на фрикційні властивості сирови-ни. Отримано математичне рівняння, яке описує цей процес. Визначено, що збільшення швид-кості ковзання призводить до зменшення зусилля тертя.

Дослідним шляхом встановлено вплив на зусилля тертя температури сировини під час обробки та тривалості її зберігання. Ці фактори призводять до збільшення сил опору сирови-ни, що обробляється, тому мають враховуватися при різанні.

Ключові слова: різання, фрикційні властивості, рослинна сировина, ковзання.

Постановка проблеми. Технологія різання більшості харчових продуктів досить склад-на. Це обумовлено особливостями самого процесу різання, структурною будовою харчо-вих продуктів, різноманітністю і непостійністю їх структурно-механічних властивостей. Залежно від властивостей подрібнюваної сировини і характеру їх прояву в умовах здій-снення технологічного процесу обирають спосіб різання, різновид різального інструмен-ту, швидкість різання, спосіб подачі продукту тощо.

При різанні рослинної сировини на ніж з боку продукту діють сила опору матеріалу, що розрізається, і сила тертя. Сила опору залежить від реологічних властивостей сирови-ни і зазвичай характеризується модулем пружності. Тертя — це також своєрідний опір, який виникає при переміщенні поверхні одного тіла по поверхні іншого, що супроводжу-ється характерним переходом механічної енергії в теплову вздовж контактної поверхні. Він залежить від взаємодії зовнішніх поверхонь дотичних матеріалів. Окрім того, існує багато факторів, які також здійснюють вплив на фрикційні властивості рослинної сиро-

вини. Дію цих факторів слід враховувати при проектуванні овочерізального обладнання, адже тертя при різанні визначає енергетичну складову процесу, тому зниження зусилля тертя є одним із пріоритетних завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню впливу фрикційних властивостей твердих харчових продуктів, у тому числі овочевої сировини, на протікання різних технологічних процесів присвячено багато наукових робіт.

У роботі [1] проводилися дослідження фрикційних властивостей хліба залежно від питомого навантаження, швидкості ковзання та часу витримки продукту. В роботі [3] визначалися коефіцієнти тертя для перцю солодкого. У роботі [2] визначалися коефіцієнти тертя для буряка при різних швидкостях ковзання, але ці дані неможливо використовувати для розрахунків технологічного обладнання харчової промисловості, адже зазначений інтервал швидкостей для нього не є характерним.

У наукових роботах багатьох вчених відзначено зміну величини коефіцієнта тертя різних матеріалів при тривалому контакті пар тертя, тобто $f_{mp} = f(\tau)$, де τ — тривалість контакту. Основний масив досліджень у цій сфері відведений тертю металів, стосовно рослинної сировини це питання майже не досліджено.

Аналіз останніх досліджень стосовно фрикційних характеристик харчових продуктів та їх прояву під час здійснення технологічних процесів встановив істотні відмінності в методиці і приладах, використовуваних для проведення досліджень [6–8]. Це не дозволяє систематизувати дані щодо коефіцієнтів тертя навіть для однієї групи харчових продуктів. Таким чином, існує потреба в проведенні комплексного дослідження за умов, які максимально моделюють реальний процес різання в дискових овочерізках.

Мета статті — дослідження фрикційних властивостей овочевої сировини та факторів, які здійснюють вплив на них під час подрібнення в овочерізальному устаткуванні дискового типу, що застосовується підприємствами харчової промисловості, встановлення залежності зміни коефіцієнта тертя від тривалості контакту пар тертя, отримання математичних залежностей для опису процесу і розрахункових величин для проектування технологічного обладнання, його деталей та вузлів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз особливості роботи овочерізальних машин, згідно з класичною теорією тертя твердовидних матеріалів, дозволив встановити, що на фрикційні властивості рослинної сировини під час подрібнення здійснюватимуть вплив:

- швидкість відносного переміщення сировини і ножа,
- нормальний тиск на продукт; — структурно-механічні властивості сировини; — температура сировини під час обробки; — площа контакту; — тривалість контакту (ковзання);
- стан поверхонь контакту (шорсткість);
- час витримки (зберігання) сировини.

Існує декілька загальноприйнятих методик і типів лабораторних установок для визначення коефіцієнтів тертя овочевої сировини, проте не всі з них можуть в точності відтворити ті умови, які мають місце в овочерізальних машинах. Отже, виникла потреба в розробці експериментального обладнання і методики для дослідження фрикційних властивостей овочевої сировини в умовах, максимально наближених до режимів роботи овочерізальної машини. Основним елементом установки є горизонтальна поверхня, що обертається зі швидкістю, величину якої можна варіювати в широкому інтервалі. На поверхні в спеціальному утримувачі встановлюється зразок досліджуваної сировини, який притискається до поверхні із зусиллям 3 кПа. Силу тертя, яка виникає при відносному русі поверхні і продукту, реєструють тензорезистори, сигнал від яких через аналого-цифровий перетворювач та підсилювач передається на комп'ютер і обчислюється за допомогою спеціального програмного забезпечення [4; 5]. Установка дозволяє при визначенні зусилля тертя варіювати швидкостями ковзання, навантаженням на продукт, а також змінювати матеріал поверхні контакту.

Проведені дослідження фрикційних властивостей рослинної сировини дозволяють стверджувати, що залежність $f_{mp} = f(\tau)$ має нелінійний характер (рис. 1).

Умовно криву АС можна розділити на дві ділянки: АВ і ВС. На початку руху — точка А — питоме зусилля тертя буде дещо вище, оскільки для виведення продукту зі стану рівноваги необхідно докласти більше зусилля, ніж в наступний момент часу.

При подальшому сталому русі продукту, згідно з класичною теорією, зусилля тертя має знижуватися пропорційно збільшенню швидкості, що пояснюється зміною шорсткості дотичних поверхонь. Проте, згідно з рис. 1, зусилля тертя знижується на ділянці АВ лише упродовж дуже незначного проміжку часу, фізичне значення і тривалість якого

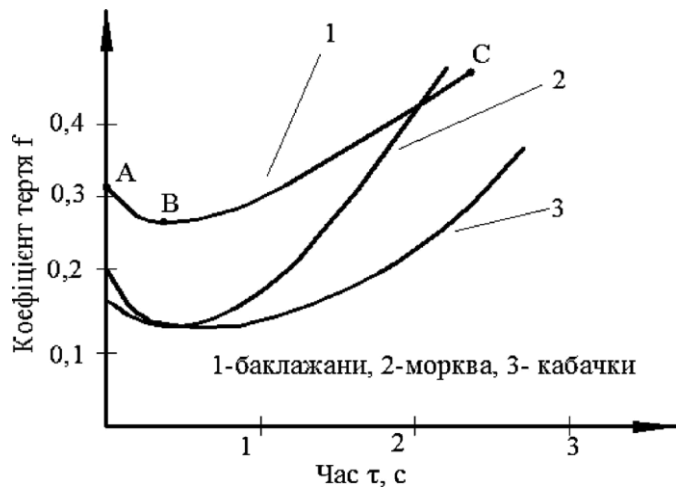


Рисунок 1 — Криві зміни коефіцієнту тертя в часі при постійній швидкості ковзання:

1 — баклажани, 2 — морква, 3 — кабачки

залежать від виду продукту, його структурної будови, вологовмісту, зусилля притискання до контактної поверхні, швидкості взаємодії пар тертя тощо. Для рослинної сировини на цій ділянці $\tau \rightarrow 0$.

На ділянці кривої ВС відзначається стрімке зростання сили тертя з часом. Згідно з рис. 1, ділянка АВ < ВС. Тут варто зазначити наступне. Овочева сировина — це продукція, що має високу вологість. Так, вологість моркви, залежно від сорту, складає 86–91 %, баклажанів — 85–90 %, кабачків — 95 %. При розрізанні продукту пошкоджується велика кількість клітин, що супроводжується значним виділенням соку. Сік, що виступив на поверхні зрізу, є своєрідним граничним мастилом. При зіткненні зразка продукту з поверхнею диска, що обертається, в контакт в першу чергу вступає сік, що виділився, який має деяку в'язкість. Це обумовлює зниження зусилля тертя упродовж деякого періоду часу контактування. Оскільки поверхня диска шорстка, то при наступному відносному русі продукту частина соку, що виділився, заповнює мікронерівності поверхні, залишається на ній. Цей процес легко можна спостерігати візуально, оскільки поверхня диска залишається вологою. Таким чином, можна сказати, що граничне мастило ніби «стирається» поверхнею. При тривалому контакті зразка продукту з поверхнею граничного мастила залишається все менше, що спричиняє зростання зусилля тертя. У зоні контакту виникають теплові процеси, характерні для фрикційної взаємодії двох поверхонь, які сприяють більшому «висушуванню» клітинного соку.

Таким чином, динаміка зміни питомого зусилля тертя від тривалості контактування безпосередньо залежатиме від вологості досліджуваного продукту. Чим вище вологість продукту, тим більше буде інтервал часу, впродовж якого зусилля тертя залишатиметься мінімальним. При тривалому контакті продукту з поверхнею зусилля тертя збільшується. Відповідно до характеру протікання технологічного процесу і тривалості контакту продукту з виконавчими пристроями технологічного устаткування величина сили тертя буде різною.

Розглядаючи процес різання рослинної сировини в овочерізальному устаткуванні дискового типу, відмітимо невелику тривалість контакту продукту з ножом. Так, якщо ножовий диск обертається зі швидкістю 225 об/хв, то за 1 секунду одним лезом здійснюється 3,75 різів, а на один різ витрачається 0,266 секунди. Якщо врахувати, що така швидкість обертання ножів є мінімально використовуваною в овочерізальному устаткуванні, то можна припустити, що продукт знаходиться у контакті з лезом ножа максимум 0,235 секунд і зі збільшенням швидкості ковзання тривалість контакту знижуватиметься.

У зв'язку з цим виникла необхідність введення поняття миттєвого і тривалого коефіцієнтів тертя. Миттєвий коефіцієнт тертя f_M характерний для початкового моменту часу відносного ковзання пар тертя і визначається в точці А (рис. 1), оскільки на ділянці АВ $t \rightarrow 0$, а проектування обладнання рекомендовано вести за найбільшими значеннями роз-рахункових величин. Миттєвий коефіцієнт тертя є довідковою величиною, і його чисельне значення для деяких овочів наведено в табл. 1.

Тривалий коефіцієнт тертя f_T визначається на ділянці ВС, де його залежність від часу носитиме лінійний характер:

$$f_T = k' \cdot t + C_1, \quad (1)$$

де k' і C_1 — коефіцієнти, які визначаються експериментально.

Для процесів різання рекомендується використовувати миттєвий коефіцієнт тертя f_M , який для досліджуваних овочів складає: морква — 0,139, кабачки — 0,073, буряк столовий — 0,188, картопля — 0,162, баклажани — 0,212.

Експериментальні дослідження показали, що залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання має лінійний характер. При збільшенні швидкості ковзання від 0,75 до 2,66 м/с спостерігається зниження коефіцієнта тертя овочів по сталі в середньому в 1,2...1,5 рази. У зазначеному інтервалі збільшення швидкості ковзання призводить до зниження коефіцієнта тертя по сталі для картоплі від 0,16 до 0,13, для огірків — від 0,11 до 0,08, для буряка — від 0,19 до 0,15, для кабачків — від 0,07 до 0,06. У табл. 1 наведено рівняння, які описують цей процес для деяких видів рослинної сировини. Ці рівняння є типовими для вказаної групи овочів.

Таблиця 1 — Рівняння кривої, що описують залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання для овочів

Продукт	Рівняння кривої	Достовірність апроксимації R^2
Морква	$-0,005 v + 0,115$	0,931
Кабачки	$-0,002 v + 0,076$	0,969
Картопля	$-0,006 v + 0,170$	0,978
Огірки	$-0,006 v + 0,169$	0,978
Буряк	$-0,008 v + 0,196$	0,946
Загальний вид рівняння кривої	$f = k'' \cdot v + C''$	0,93...0,97

Зниження величини коефіцієнтів тертя при збільшенні швидкості ковзання можна пояснити тим, що зі збільшенням швидкості відбувається зміна шорсткості поверхонь контактування. Дискретний характер контакту, що має місце при зіткненні двох твердих тіл, обумовлює під час тертя постійну зміну окремих елементарних точок контакту. В та-кому випадку кожен елементарний контакт має три етапи еволюції: взаємодія, зміна, руйнування. Тривалість існування елементарного контакту залежить не лише від швидкості відносного пересування пари тертя, але й від фізико-механічних властивостей дотичних матеріалів і стану поверхонь, що труться.

При пружному контакті окремі поверхневі виступи мають значно велику жорсткість в тангенціальному напрямі, ніж в нормальному. Це призводить до їх «вминання» із захопленням прилеглих зон матеріалу. Під впливом сил пружності виступ випрямляється і, здійснюючи коливання, стикається з іншими виступами. У результаті виникають звукові коливання. При недосконалій пружності контакту збільшення швидкості ковзання призводить до того, що проміжок часу між двома імпульсами стає недостатнім для повного випрямлення виступу, що призводить до зміни шорсткості поверхні — вона ніби-то вигладжується. Оскільки відбувається зростання площі фактичного дотику зі спливом часу, то зі збільшенням швидкості ковзання зменшується тривалість контакту і, відповідно, зменшується площа торкання. Це призводить до зниження коефіцієнта тертя.

Згідно з експериментальними даними, економічно доцільно використовувати швидкості різання від 0,3 м/с, адже це сприяє зниженню зусилля тертя.

Експериментально доведена залежність коефіцієнтів тертя рослинної сировини від її температури. У табл. 2 надані загальне рівняння кривої, яка описує залежність величини коефіцієнта тертя від температури, і довідкові коефіцієнти для деяких овочів.

Таблиця 2 — Рівняння кривої та довідкові коефіцієнти для визначення впливу температури на коефіцієнти тертя овочів

Продукт	Коефіцієнт c_1	Коефіцієнт c_2	Достовірність апроксимації R_2
$f = c_1 \cdot t + c_2$			
Морква	0,004	0,268	0,951
Кабачки	0,004	0,212	0,981
Картопля	0,003	0,231	0,967
Огірки	0,002	0,209	0,986
Баклажани	0,005	0,338	0,980

Експериментально доведено, що при зниженні температури продукту від 20°C до криоскопічної відбувається збільшення коефіцієнта тертя досліджуваних овочів по сталі та-ким чином: моркви — в 2,02 раза (від 20 до — 1 °C), буряка — в 1,58 раза (від 20 до 1,3 °C), баклажанів — в 1,67 раза (від 20 до —0,7 °C), картоплі — в 1,6 раза (від 20 до —1,5 °C), кабачків — в 1,5 раза (від 20 до —0,5 °C), огірків — в 1,47 раза (від 2 до —0,5 °C).

Зниження температури сировини сприяє збільшенню в'язкості рідини, яка міститься в ній. Це надає більшу твердість волокнам і, відповідно, самій структурі. У соковитих плодах на межі процесу льодоутворення в міжклітинному просторі ще міститься багато рідини, яка утворює плівку на межі контакту, тому коефіцієнт тертя такої сировини нижчий.

У плодах і овочах, для яких передбачене тривале зберігання, відбуваються різнома-нітні процеси: фізичні, біохімічні, хімічні, що чинять безпосередній вплив на структурні зміни в продукті. Це, у свою чергу, спричиняє змінню структурно-механічних і реологічних властивостей сировини.

З фізичних процесів найбільш суттєве значення мають випаровування вологи і зміна температури. Свіжі плоди і овочі багаті водою, мають великі розміри клітин, незначну товщину покривних тканин, містять мало колоїдних речовин, і тому при зберіганні інтенсивно втрачають вологу, що призводить до зменшення маси, в'янення. Витрати вологи залежать від питомої поверхні плодів і овочів, міри зрілості, повітрообміну, механічних ушкоджень, способу і режиму зберігання.

Для кожного виду овочевої продукції є свої оптимальні умови зберігання, відображені у відповідних ДСТУ.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що збільшення терміну зберігання досліджуваних овочів спричиняє зміну їх фрикційних властивостей. Так, для моркви при збільшенні тривалості зберігання від 10 діб до 2 місяців спостерігалось збільшення коефіцієнта тертя в 1,14 раза; для буряка при збільшенні тривалості зберігання від 15 діб до 2 місяців — в 1,2 раза; для картоплі при збільшенні тривалості зберігання від 3 до 6 місяців — в 1,1 раза. Таким чином, на обробку продукції з великим терміном зберігання необхідно витратити більшу кількість енергії.

На рис. 2 показана гістограма зміни величини коефіцієнтів тертя по сталевій поверхні для моркви, буряка і картоплі при швидкості ковзання 0,4 м/с. Дослідження проводилися для продукту, тривалість зберігання якого складала 7 діб, 2 місяці (з урахуванням вимог ДСТУ) і більше 2-х місяців з порушенням вимог ДСТУ. Встановлено, що при дотриманні вимог до зберігання овочевої продукції (температура, вологість, вентиляція та ін.) дина-міка зміни коефіцієнта тертя з часом менше, ніж за таких самих термінів зберігання, але з порушенням температурного режиму і параметрів вологості.

Тобто тривалість зберігання рослинної сировини, навіть за умови дотримання режимів зберігання відповідно до ДСТУ, сприяє збільшенню коефіцієнтів тертя. Оскільки передбачувані стандартом режими сприяють її максимальному збереженню, то можна

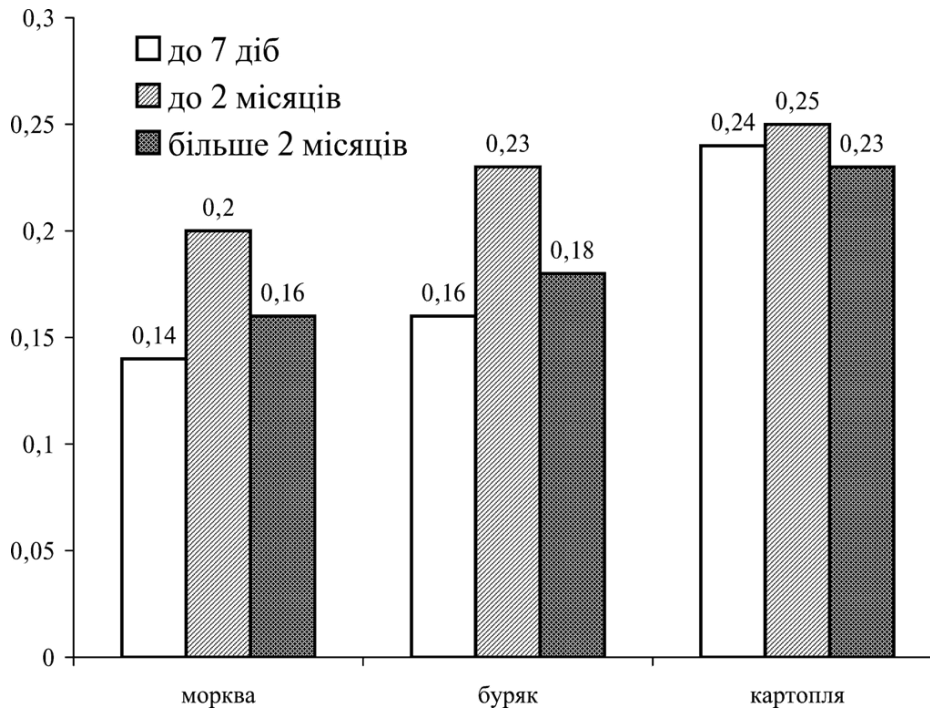


Рисунок 2 — Вплив тривалості зберігання на фрикційні властивості овочів

припустити, що за визначений термін структура сировини зазнає незначних змін, проте наявність факту зміни значень коефіцієнтів тертя овочів через збільшення тривалості їх зберігання слід враховувати.

Висновки. Встановлено залежність коефіцієнта тертя овочевої сировини від тривалості контакту пар тертя: на початку відносного руху коефіцієнт тертя знижується впродовж досить нетривалого періоду часу, що обумовлене наявністю граничного змащення поверхні тертя соком, що виділився з продукту, після чого спостерігається його стрімке зростання. Рекомендовано для розрахунків овочерізального обладнання використовувати миттєвий коефіцієнт тертя, що обумовлене короткотривалістю технологічної операції. Для подрібнення плодів подовженої форми вздовж максимального геометричного розміру рекомендовано використовувати в розрахунках тривалий коефіцієнт тертя, який є функцією часу.

Встановлено, що на величину коефіцієнта тертя впливає температура сировини під час обробки, але це має більше значення при подрібненні сировини, температура якої близька до криоскопічної — в середньому майже в 2 рази. При температурах сировини, що більша за 10 °С, коефіцієнт тертя також збільшується, але несуттєво.

Встановлено вплив на зусилля тертя прояву ознак в'янення сировини, яка подрібнюється. При тривалому терміні зберігання зусилля тертя рослинної сировини збільшуються. Це залежить від ступеня в'янення, виду сировини та її вологовмісту. Подрібнення сировини, терміни зберігання якої перевищують норми ДСТУ, є неприпустимим і призводить як до збільшення енерговитрат на різання, так і до погіршення якості нарізки.

Зменшення зусилля тертя під час різання є одним із пріоритетних напрямків при проектуванні овочерізального устаткування, адже цей фактор безпосередньо впливає на величину питомих зусиль різання.

Список літератури / References

1. Губеня, О. О. Удосконалення процесу різання хліба з врахуванням впливу його структурно-механічних властивостей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. — Київ : НУХТ, 2008. — 22 с.

Hubenya, O. O. (2008). *Udoskonalennia protsesu rizannia khliba z vrakhuvanniam vplyvu yoho strukturno-mekhanichnykh vlastyvostey* [Improvement of process of cutting of bread taking into account influence of him structurally mechanical properties]. Kiev, NUKhT Publ., 22 p.

2. Горюшинский, В. С. Совершенствование резания корнеплодов с обоснованием параметров измельчителя : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Горюшинский В. С. — Пенза, 2004. — 13 с.

Goryushinskiy, V. S. (2004). *Sovershenstvovanie rezaniia korneplodov s obosnovaniem parametrov izmelchiteia* [Perfection of cutting of root crops with the ground of parameters of grinding down]. Penza, 13 p.

3. Дейниченко, Г. В. Удосконалення комбінованих способів переробки баклажана та перцю солодкого : монографія / Г. В. Дейниченко, О. Г. Терешкін, Д. В. Горелков. — Харків, 2011. — 224 с.

Deynuchenko, H. V., Tereshkin, O. H., Horyelkov, D. V. (2011). *Udoskonalennia kombinovanykh sposobiv pererobky baklazhana ta pertsyu solodkoho* [An improvement of the combined methods of processing is an egg-plant and pepper sweet]. Kharkiv, 224 p.

4. Заплетников, И. Н. Исследование факторов, влияющих на фрикционные свойства овощей / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина // Рыбное хозяйство Украины. — 2012. — № 7. — 64 с.

Zapletnikov I. N., Sheyina A. V. (2012). *Issledovanie faktorov, vliyaushih na friktsionnye svoystva ovoschey* [Research of factors, influencing on friction properties of green-stuffs]. *Rybnoe hoziaictvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine], no. 7, 64 p.

5. Заплетников, И. Н. Измельчение растительного сырья : монография / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина. — Харьков : Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. — 205 с.

Zapletnikov, I. N., Sheyina, A. V. (2016). *Izmelchenie rastitelnogo syrya* [Grinding of plant raw materials]. Kharkov, Vodniy spektr Dzhi-Em-Pi Publ., 205 p.

6. Ялпачик, В. Ф. Коэффициент трения некоторых видов плодоовощной продукции / В. Ф. Ялпачик, С. Ф. Буденко // Холодильна техніка і технології. — 2007. — № 2 (106). — С. 68–74.

Yalpachik, V. F., Budenko, S. F. (2007). *Koeffitsient treniia nekotoryih vidov plodoovoschnoy produktsii* [Coefficient of friction of some types of fruit and vegetable products]. *Holodilna tehnik i tehnologiya* [Refrigeration technique and technologies], no. 2 (106), pp. 68–74.

7. Molenda, M., Thompson, S. A. & Ross, I. J. (2011). Friction of wheat on corrugated and smooth galvanized steel surfaces. *Jagric. Engng Res.*, vol. 77 (2), pp. 209–219.

8. Puchalski C., Brusewitz G. H., Dobrzański B. (2002). Relative humidity and wetting affect friction between apple and flat surfaces, *Int. Agrophysics*, 2 (16), pp. 67–71.

Цель статьи — исследование фрикционных свойств растительного сырья при его измельчении в овощерезках дискового типа, установление влияния на усилие трения скорости скольжения и длительности контакта пар трения, предоставление рекомендаций относительно учета факторов влияния при проектировании овощерезательного оборудования.

Методы. Для проведения исследований разработана и изготовлена установка дискового типа, которая позволяет в широком интервале изменять скорость скольжения и всесторонне исследовать фрикционные свойства пищевых продуктов. Определение усилий осуществляется тензометрическим способом с использованием современного оборудования и лицензионного программного обеспечения.

Результаты. Установлено влияние длительности контакта пар трения на величину усилия резания. Для процессов измельчения растительного сырья, которые являются кратко-временными, рекомендовано использовать мгновенный коэффициент трения, который в интервале скоростей от 0,75 до 2,6 м/с уменьшается. Установлена зависимость влияния скорости скольжения на фрикционные свойства сырья. Получено математическое уравнение, которое описывает этот процесс. Определено, что увеличение скорости скольжения приводит к уменьшению усилия трения.

Опытным путем установлено влияние на усилие трения температуры сырья во время обработки и длительности его хранения. Эти факторы приводят к увеличению сил сопротивления обрабатываемого сырья, потому должны учитываться при резании.

Ключевые слова: резание, фрикционные свойства, растительное сырье, скольжение.

Objective. *Research of the friction properties of raw material products by its grinding in cutter machines of disk-type. Determination of influence on effort of friction speed sliding and duration of contact pair friction. Recommendations providing regarding the consideration of factors by designing of the vegetable cutting equipment.*

Methods. *To conduct the research, a disk type system that allows to change the sliding speed over a wide range and to investigate thoroughly the frictional properties of food products has been designed and manufactured. Determination of efforts is carried out by tenzometric method using modern equip-ment and licensed software.*

Results. *The influence of the contact duration of the friction pair on the size of cutting effort is set. For the momentary grinding processes of the vegetable raw materials it is recommended to use the instantaneous coefficient of friction, which diminishes in the interval of speeds from 0,75 to 2,6 m/s. The dependence of influence of the sliding speed on friction properties of the raw material is set. Math-ematical equalization which describes this process is got. It is determinated, that the sliding speed in-crease brings to the effort friction contracting. The influence of temperature on the friction force during feed processing and storage duration is experimentally determined. These factors lead to an increase in the resistance forces of the processed raw materials, so they must be taken into account when cutting.*

Key words: *cutting, friction properties, plant raw materials, sliding.*