

УДК 631.361.8.001.6:635.64 DOI:10.31388/2078-0877-2021-21-1-116-124

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА-ПРОТИРАЛЬНИКА ТОМАТІВ

Доценко Н. А., д.п.н.

ORCID: 0000-0003-1050-8193

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел. (0512) 40-37-80

*Постановка проблеми.* Забезпечення населення продукцією та виробництва первинною сировиною є важливою соціально-економічною задачею розвитку країни, яку частково вирішують фермерські господарства. Але значна частина продукції не доходить до споживача через втрати на полі, при транспортуванні, зберіганні і переробці. В області переробки томатів приховані великі невикористані можливості, які могли б служити додатковими резервами отримання продуктів харчування. Ці резерви пов'язані з усуненням чи зменшенням таких негативних явищ, виникаючих при переробці, як втрата маси, порівняно низький вихід, зниження біологічної цінності продуктів та ін. Особливо важко усунути ці проблеми в умовах малих фермерських господарств, які слабо забезпечені високопродуктивним обладнанням. В той час як великі компанії мають фінансові можливості для закупки такого обладнання і таким чином монополізують сектор переробки томатопродукції.

В галузі переробки томатопродукції використовується багато різноманітного за своїми функціями обладнання, у зв'язку з тим, що існують та продовжують поновлюватися нові технології, то комплекс обладнання, що може застосовуватися в конкретних виробничих умовах, повинен задовольняти його вимогам та сировинним запасом. Вдосконалення машин та обладнання в технологічних процесах сприятиме зниженню енерго-, металоємності та зменшення екологічних ризиків в умовах фермерських господарств. Актуальним завданням вітчизняної галузі переробки томатів є підвищення споживчої якості продукції за умов оптимізації вибору комплектного обладнання для технологічної лінії переробки томатів з використанням вдосконаленого обладнання.

*Аналіз останніх досліджень.* Переробна промисловість пропонує широкий асортимент продукції, виготовленої із томатів, у тому числі томатний сік, концентровану томатну пасту та томат-пюре. Виробництво цієї продукції включає в себе наступні технологічні етапи: мийка плодів, сортування, подрібнення, очищення від шкірки, (концентрація за необхідності), стерилізація та

наповнення тари [1]. В роботах вітчизняних та зарубіжних дослідників переважно представлені технологічні аспекти переробки томатопродукції. Увага приділялася питанню зменшення енергетичних витрат, максимальному зменшенню відходів, мінімізації впливу руйнуючих факторів, збереженню корисних властивостей та наданню продуктам натуральності та безпечності [2]. Розробка моделей процесу очищення від шкірки можлива за умови наявності великої кількості томатів, включаючи томати спеціальних сортів, підтримки стабільності переробки при очищенні від шкірки і оцінки фізичних параметрів протягом усього дослідження, т.я. модель, розроблена для одного сорту томатів і однієї умови очищення від шкірки забезпечує невелику потенційну можливість застосування до інших установок в зв'язку з відмінностями в сортах томатів і методах і умовах очищення від шкірки [3].

Також проведені дослідження, які стосуються контролю виробництва томатопродукції та визначення критичних точок виробництва [4]. Представлена технологія переробки томатів, що включає миття томатів, їх подрібнення, знезаражування, яка відрізняється тим, що томати подрібнюють до високодисперсійного стану, розділяють подрібнену масу на рідку і щільну фракції, при цьому рідку фракцію спочатку піддають мікрофільтрації, а концентрат, який залишився, направляють на вакуумно-розпилювальну сушильну установку для зневоднювання і стерилізації, а отриманий продукт пакують [5]. Закордонні дослідження приділяли увагу визначенню стиглості томатів, що також є фактором, який впливає на якість очищення від шкірки [6] та відмінності механіко-технологічних властивостей в залежності від сорту продукту [7].

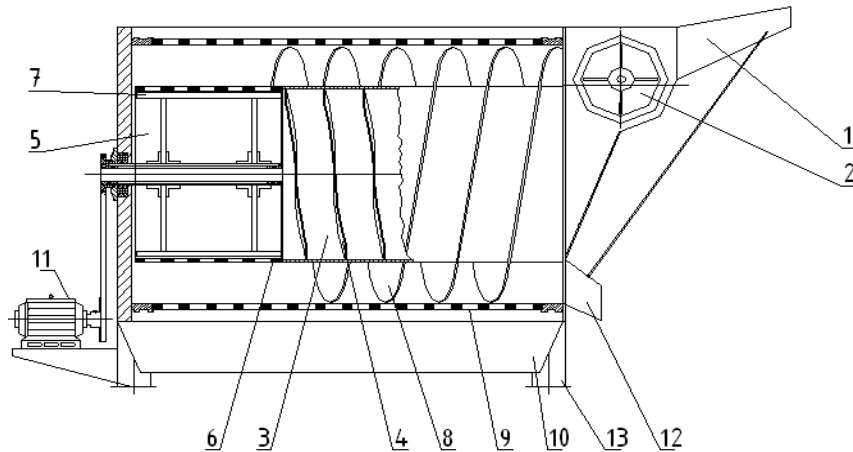
Технологічним аспектам переробки томатів приділяється достатня увага, але існує проблема розробки обладнання для переробки томатів в умовах фермерських господарств.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є представлення конструктивного вдосконалення машини для переробки томатів, визначення факторів впливу на технологічний процес та надання рекомендацій щодо оптимальних режимів роботи запропонованої конструкції.

*Основна частина.* Взаємодія з робочими елементами на оброблюваному об'єкті переслідує дві цілі: зміна початкового стану технологічної маси та максимальне запобігання пошкодженню насіння [8]. Приділялася увага розробці технологічної лінії та виділенню насіння [9]. До складу такої лінії може входити запропоноване конструктивне рішення [10]. Виникає необхідність вдосконалення конструкції, метою якого є збільшення виходу соку,

підвищення продуктивності машини, покращення якості подрібненого матеріалу; збільшення терміну служби ріжучих елементів і зниження енерговитрат, а також підвищення надійності роботи шляхом запобігання забиванню шнека.

Вирішення цієї задачі може бути досягнуто при впровадженні конструктивного рішення подрібнювача-протиральника (рис.1).



1 – горловина; 2 – подрібнювач, 3 – внутрішній барабан; 4 – витки шнеку; 5 – протиральна камера; 6 – внутрішній перфорований барабан; 7 – протиральні пластини; 8 – зовнішній шнек; 9 – перфорований барабан; 10 – піддон; 11 – привід; 12 – вивантажувальний лоток; 13 – рама.

Рис. 1. Схема лабораторної установки вдосконаленого конструктивного рішення подрібнювача-протиральника.

Процес переробки томатів за допомогою запропонованого конструктивного рішення відбувається наступним чином. Сировина крізь завантажувальний бункер 1 направляється на первинне подрібнення подрібнювальним пристроєм 2. Під час транспортування до протиральної камери 5 витками шнеку 3 виконується додаткове подрібнення, а підготовлена технологічна маса поступає в протиральну камеру, де здійснюється протирання пластинами 4. Відокремлений сік проходить крізь отвори зовнішнього перфорованого барабану 9. Витки шнека 8 можуть бути виконані конічними зі зменшенням їх діаметру в напрямку руху технологічної маси, що забезпечує збільшення зазору між перфорованою поверхнею барабана 9 і витками 8. Це запобігає забиванню і заклинюванню шнека. Пластини протиральної камери можуть бути закріплені під кутом до його повздовжньої осі, що полегшує процес протирання і прохід оброблюваного матеріалу у внутрішню порожнину. Відходи витками шнеку 8 направляються до вивантажувального лотка 12.

Застосування машини дозволяє зменшити витрати робочого часу, досягти зниження металоємності, підвищення продуктивності технологічної лінії переробки плодоовочевої та ягідної сировини в

господарствах з невеликими обсягами виробництва, в тому числі фермерських.

Якість виконання технологічного процесу залежить від конструктивних параметрів машини, що забезпечує процес подрібнення сировини, її розділення на фракції за рахунок протирання подрібненої маси (пульпи), відведення сокової фракції і видалення фракції відходів (шкірка) та насіння.

Запропонована лабораторна установка має наступні технічні характеристики:

- довжина протирального решета першого барабана – 500 мм;
- довжина протирального решета другого барабана – 990 мм;
- діаметр гратчастого циліндра першого барабана – 300 мм;
- діаметр гратчастого циліндра другого барабана – 340 мм;
- протиральний барабан укомплектований шістьма білами.

Для можливості вивчення характеру розподілу загальної маси пульпи по довжині решіт, протиральний барабан був розділений на шість рівних зон. Довжина однієї зони склала 165 мм, або 16,6% загальної довжини решета. Пропускна спроможність решета по зонах протирання (у кг за одиницю часу) встановлювалася шляхом виміру пульпи.

Перед початком експериментальних досліджень необхідно по можливості вибрати всі чинники, що впливають на процес, і вказати межі їх варіювання. На початковій стадії вивчення будь-якого об'єкту з використанням теорії планування експерименту необхідно, окрім ретельного вивчення літератури і раніше одержаних матеріалів, провести апріорне ранжирування чинників, яке виконується методом експертної оцінки [11]. До статистичної оцінки значимості факторів обрано наступні фактори, що впливають на якість роботи: X1 – рівень надходження подрібненої маси; X2 – кількість бил, шт.; X3 – матеріал решета барабану; X4 – лінійна швидкість обертання барабану, м/с; X5 – вологість подрібненої маси, %; X6 – розміри частинок, що протираються, мм; X7 – площа живого перерізу барабана; X8 – довжина протирального барабану, мм; X9 – зазор біло-решето, мм; X10 – форма отворів решітного барабану (кругла); X11 – діаметр отворів решета, мм; X12 – швидкість обертання барабана, м/с. Аналіз результатів експертної оцінки і їх статистичної обробки дозволяє зробити висновок про найбільший вплив на хід і якість виконання технологічного процесу таких чинників як: X2 та X8, X9, X11, X12. Чинники X1 і X3-X7 можна відкинути і виключити при проведенні подальших досліджень з використанням теорії планування експерименту.

Дослідження пропускної спроможності решета першого протирального барабана машини по зонах протирання (довжині барабана) проводилися при різних діаметрах отворів решіт (3, 4 і 5

мм) і режимах роботи протиральних бил (швидкість обертання 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 м/с). Розподіл пропускної спроможності решіт з діаметром отворів 3 мм залежно від режимів роботи протиральних бил показаний на рис. 2.

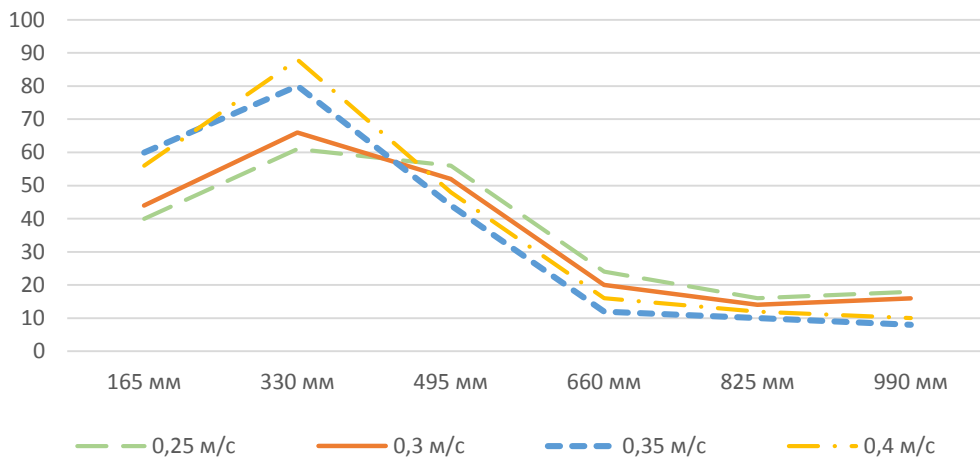


Рис. 2. Розподіл пульпи по довжині протиального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил ( $v$ ) і діаметру отворів решета 3 мм.

З графіку видно, що основна маса (від 90 до 50%) подрібнених плодів, що надходить всередину барабана, протирається в зонах 2 (від 165 до 330 мм), 3 (від 330 до 495 мм) та 4 (від 495 до 660 мм); (зона 1 на графіку не представлена), які складають 67% довжини барабана. У зонах 5 і 6, які займають 33% його довжини, залежно від режимів, протирається 8–18% загальної маси пульпи в одиницю часу. При швидкості обертання бил понад 0,4 м/с на зони 5 і 6 доводиться 8–10% загальної вагової кількості матеріалу.

Аналізуючи графік (рис. 2) розподілу загальної кількості пульпи по довжині першого протиального барабана, можна зробити висновок, що із збільшенням швидкості обертання бил довжина робочої зони решета, де здійснюється протирання, скорочується.

Так, якщо при режимі 0,25-0,3 м/с в зонах 1–3, тобто на половині довжини барабана, протиралося більше 60% вхідної маси, то при режимі 0,4 м/с – 85%. Таким чином, при швидкості обертання 0,4 м/с і вище можливо зменшення довжини протиального барабана на 25%.

На рис. 3 показано розподіл пульпи по довжині барабана залежно від режимів роботи протиральних бил при діаметрі отворів решіт 4мм. Вагова кількість пульпи в зонах 1–3 при режимах 0,25 і 0,3 м/с складає від 90 до 50% всієї його пропускної спроможності.

Аналогічні дані одержані при діаметрі отворів решета 3мм. Однакова пропускна спроможність решіт з різними діаметрами отворів (4 і 3мм) в зонах 1–3 пояснюється тим, що коефіцієнт живого перерізу вказаних решіт однаковий і рівний 0,437.

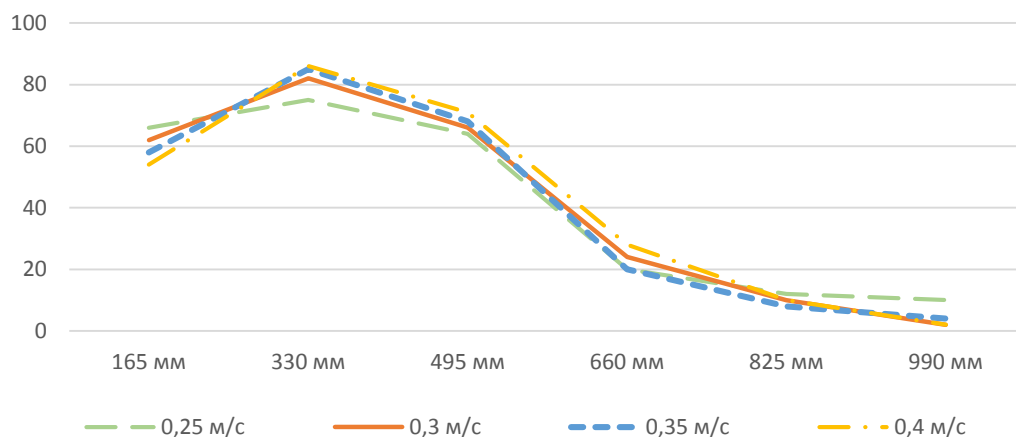


Рис. 3. Розподіл пульпи по довжині протираального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил ( $v$ ) і діаметру отворів решета 4 мм.

Починаючи з швидкості 0,35 м/с і вище спостерігається зниження пропускної спроможності зон 1–3 в порівнянні з решетом, що має діаметр отворів 3 мм в середньому на 6%. Таким чином, різниця діаметрів отворів решіт (4 і 3 мм) істотно не відображається на продуктивності подрібнювача в цілому. Проте рівна пропускна спроможність решіт з діаметром отворів 3 і 4 мм зберігається в проміжок часу не більше 1 години роботи.

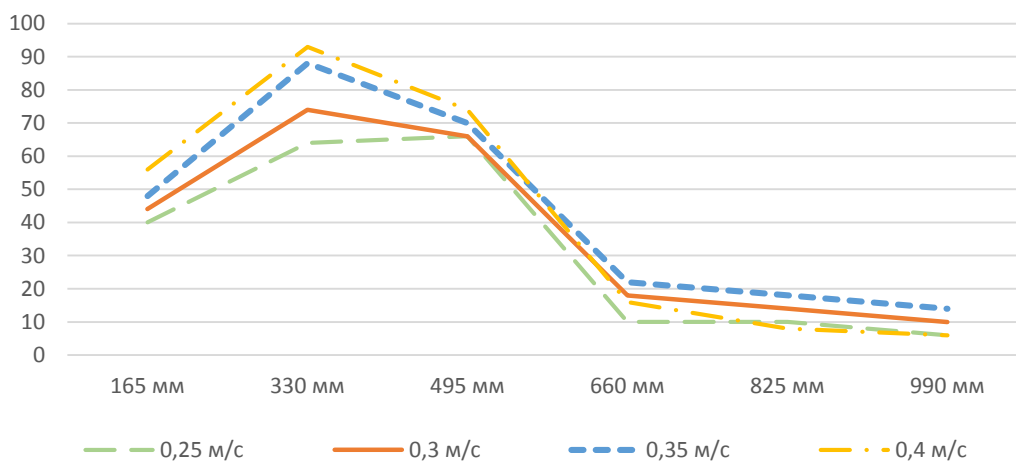


Рис. 4. Розподіл пульпи по довжині протираального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил ( $v$ ) і діаметру отворів решета 5 мм.

Надалі має місце залипання решета з діаметром отворів 3 мм, при цьому не протерта маса поступає у вихід «шкірка», викликаючи великі втрати соку. Тому установка решіт з діаметром отворів 3 мм недоцільна.

Розподіл пропускної спроможності решіт з діаметром отворів 5 мм по його довжині залежно від режимів роботи протираальних бил показано на рис.4. Аналіз даних показує, що характер розподілу

загальної пропускної спроможності решіт з діаметром отворів 5 мм істотно відрізняється від розподілу пульпи на решетах з діаметром отворів 3 і 4 мм.

Так, при режимі 0,25 м/с на половині довжини решета, тобто в зонах 1–3, протирається 88% всієї вхідної маси, а при режимі 0,4 м/с – 93%. Таким чином, в процесі переробки плодів в протиральному барабані, укомплектованому решетою з діаметром отворів 5 мм, на 2/3 його довжини протираються 88–93% всієї маси, що поступає. Звідси витікає, що такий барабан при даних конструктивних параметрах підвищує потенційний резерв продуктивності до 20%.

*Висновки.* Запропоноване конструктивне рішення подрібнювача-протиральника представлено в лабораторній установці, що дозволила провести експериментальні дослідження, результати яких представлено в статті. Проведені дослідження дозволили вибрати оптимальні режими роботи установки. Окрім того, проведене дослідження процесу подрібнення і протирання мезги свідчить про те, що внутрішній протиральний барабан доцільніше укомплектовувати решетами з діаметром отворів 5 мм; частота обертання барабану повинна бути більше, ніж 0,35 м/с, що робить можливим протирання 88–93% пульпи. Перспективою подальших розвідок у зазначеному напрямку може бути впровадження подрібнювача-протиральника у технологічну лінію.

### Список використаних джерел

1. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник. Харків: Світ Книг, 2014. 495 с.
2. Безусов А. Т., Тоценко О. В. Аналіз сучасних методів переробки томатів. *Харчова наука та технологія*. 2017. Vol. 11, № 2. С. 45–55. DOI: 10.15673/fst.v11i2.513.
3. Garcia E., Watnik M., Barrett D. M. Can We Predict Peeling Performance of Processing Tomatoes? *Journal of Food Processing and Preservation*. 2006. Vol. 30, № 1. P. 46–55. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2005.00046.x.
4. Розроблення блок-схеми виробництва томатного кетчупу на основі концентрованих томатопродуктів / М. І. Валько та ін. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. № 1(64). С. 103–108.
5. Технологія переробки томатів: пат. 49758 А Україна: МПК А23В 7/00, А23В 7/02 (2006.01). № 2002 054183; заявл. 22.05.2002; опубл. 16.09.2002. Бюл. № 9.
6. Barrett D. M., Garcia E., Miyao G. Defects and Peelability of Processing Tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2006. Vol. 30, № 1. P. 37–45. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2005.00045.x.
7. Milczarec R. R., Mccarthy M. J. Prediction of processing tomato

peeling outcomes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2011. Vol. 35, № 5. P. 631-638. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2011.00512.x.

8. Комплексна технологічна лінія повного циклу переробки томатів з виділенням насіння: пат. 58968 Україна: МПК А23N 15/00. № u2010 13159; заявл. 05.11.10; опубл. 26.04.11. Бюл. № 8.

9. Машина для відокремлення плодовоовочевого та ягідного соку з м'якоттю: пат. 32413 Україна: МПК А23N 15/00. № u2008 00981 заявл. 28.01.08; опубл. 12.05.08. Бюл. № 8.

10. Переверзев Е. С., Пошивалов В. П., Даниев Ю. Ф. Математическая модель обработки результатов экспериментального опроса на основе интервального анализа и нечетких чисел. *Придніпровський науковий вісник. Сер. Економіка*. Днепропетровск, 1998. № 58. С. 125.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА-ПРОТИРАЛЬНИКА ТОМАТІВ**

Доценко Н. А.

### ***Анотація***

В статті представлено результати дослідження пропускної спроможності подрібнювача-протиральника томатів. Описано схема лабораторної установки вдосконаленого конструктивного рішення подрібнювач-протиральника та наведено технічні характеристики. Метою вдосконалення конструкції є збільшення виходу соку, підвищення продуктивності машини, покращення якості подрібненого матеріалу; збільшення терміну служби ріжучих елементів і зниження енерговитрат, а також підвищення надійності роботи шляхом запобігання забиванню шнека. Зроблено висновок про найбільший вплив на хід і якість виконання технологічного процесу таких чинників як кількість бил, довжина протиального барабану; зазор било-решето; діаметр отворів решета; швидкість обертання барабана. Було проведено дослідження розподілу пульпи по довжині протиального барабана (%) залежно від швидкісних режимів бил і діаметрів отворів решета 3, 4 та 5 мм відповідно. Визначено, що внутрішній протиальний барабан доцільніше укомплектовувати решетами з діаметром отворів 5 мм; частота обертання барабану повинна бути більше, ніж 0,35 м/с, що робить можливим протиання 88-93% пульпи.

**Ключові слова:** томати, подрібнювач-протиральник томатів, подрібнення сировини, переробка сільськогосподарської продукції.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-ПРОТИРЩИКА ТОМАТОВ**

Доценко Н. А.

### ***Аннотация***

В статье представлены результаты исследования пропускной способности измельчителя-протирищика томатов. Описана схема лабораторной установки усовершенствованного конструктивного решения измельчителя-протирищика и



приведены технические характеристики. Целью совершенствования конструкции является увеличение выхода сока, повышение производительности машины, улучшение качества измельченного материала; увеличение срока службы режущих элементов и снижение энергозатрат, а также повышение надежности работы путем предотвращения засорения шнека. Сделан вывод о наибольшем влиянии на ход и качество выполнения технологического процесса таких факторов как количество бичей, длина протирочного барабана; зазор бич-решето; диаметр отверстий решета; скорость вращения барабана. Было проведено исследование распределения пульпы по длине протирочного барабана (%) в зависимости от скоростных режимов бил и диаметров отверстий решета 3, 4 и 5 мм соответственно. Определено, что внутренний протирочный барабан целесообразнее укомплектовывать решётами с диаметром отверстий 5 мм; частота вращения барабана должна быть больше, чем 0,35 м / с, что делает возможным протирания 88-93% пульпы.

**Ключевые слова:** томаты, измельчитель-протирщик томатов, измельчение сырья, переработка сельскохозяйственной продукции.

## RESULTS OF RESEARCH OF THE THROUGHPUT OF THE TOMATO CHOPPER-WIPER

N. Dotsenko

### *Summary*

The article presents the results of the study of the throughput of the tomato chopper-wiper. A constructive improvement of the tomato processing machine, namely a chopper-wiper, is proposed. The scheme of laboratory installation of the improved constructive solution of the chopper-wiper is described. The technical characteristics of the laboratory installation of the proposed constructive solution are given, namely: the length of the wiping sieve of the first drum, the length of the wiping sieve of the second drum; diameter of a lattice cylinder of the first drum 300 mm; diameter of a lattice cylinder of the second drum 340 mm; the number of beats in the wiping drum. Based on the results of the expert assessment, a conclusion was made about the greatest impact on the course and quality of the technological process of such factors as the number of beats, the length of the wiping drum; ridge clearance; the shape of the holes of the sieve drum; diameter of sieve holes; drum rotation speed. The purpose of the constructive improving is to increase the juice yield, increase the productivity of the machine, improve the quality of the chopped material; increasing the service life of cutting elements and reducing energy consumption, as well as increasing the reliability of work by preventing clogging of the auger. A study of the capacity of the sieve of the first wiping drum of the machine on the areas of wiping (drum length) was carried out at different diameters of the holes of the sieves (3, 4 and 5 mm) and modes of operation of wiping beats 0.25, 0.3, 0.35 0.4 m / s). The graphs of the distribution of the pulp along the length of the wiping drum (%) depending on the speed modes of the beats and the diameters of the holes of the sieve 3, 4 and 5 mm. It is determined that the inner wiping drum should be equipped with sieves with a hole diameter of 5 mm; the speed of rotation of the drum should be more than 0.35 m / s, which makes it possible to wipe 88-93% of the pulp.

**Key words:** tomatoes, tomato chopper-wiper, grinding of raw materials, processing of agricultural products.