the process of practical training situations, facilitating the emergence of future agronomists scenicheskih emotions positive modality, management of the visual perception of students to form the right shaped perceptions necessary in their future professional activity, the use of laboratory exercises and training practices, adequate training objectives forms of work organization of students, adequacy of training material base of the content of practical training.

Key words: ***didactic conditions, visual perception, control of knowledge, object of knowledge, practical training, cognitive skills, positive emotions***

УДК 631.354.3

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ НАСІННЄВОГО ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ

В. О. Соломка, О. В. Соломка, кандидати технічних наук
e-mail: qs2002@ua.fm

Анотація. *Наведені результати лабораторних досліджень якості роботи обчісувального пристрою, визначені його раціональні параметри в залежності від фізико-механічних властивостей насіннєвого вороху люцерни.*

При обчісуванні насіннєвого вороху люцерни еластичними лопатями розрив головного стебла практично не відбувається, а бокові пагони при високій кутовій швидкості обертання роторів будуть частково обриватись. Якщо лопаті пари роторів, які обертаються з кутовою швидкістю більшою за 85 $с^{-1}$ діють на стебла одночасно, то зусилля обчісування перевищують середнє значення зусилля відриву бокових пагонів головного стебла, що призводить до їх обривання. При послідовній дії лопатей цього не відбувається навіть при максимальній кутовій швидкості обертання роторів. Слід також відмітити, що збільшення кутової швидкості обертання роторів вище 75 $с^{-1}$ при одночасній дії на рослини лопатей пари роторів призводить до більш інтенсивного зростання розривних зусиль в стеблах, ніж при послідовній. Це пояснюється ефектом защемлення стебел між лопатями.

Вологість рослинної маси також суттєво впливає на якість обчісування насіннєвого вороху. При низькій вологості (до 15%) в процесі обчісування виникає часткове обламування стебел, що

© В. О. Соломка, О. В. Соломка, 2016

пояснюється їх крихкістю (ламкістю). Це призводить до засмічення насіннєвого вороху частками стебел та пагонів і негативно впливає на завантаження машин стаціонарного пункту обробки урожаю. Але на практиці така вологість рослинної маси під час збирання люцерни на насіння зустрічається досить рідко, крім того, насіннєвий ворох при низькій вологості відділяється від стебел без особливих проблем, що дозволяє застосовувати "м'які" режими роботи обчісувального пристрою і не погіршувати фракційний склад обчесаного вороху.

Ключові слова: ***люцерна, насіннєвий ворох, вологість, обчісування, ротор, лопаті***

Постановка проблеми. Складність технологічного процесу збирання насіннєвого вороху люцерни з обчісуванням його з рослинної маси на корені не дозволила аналітичним шляхом повністю визначити раціональні конструктивні параметри та оптимальні режими роботи збирального агрегату. Це обумовило необхідність проведення комплексу лабораторних та польових експериментальних досліджень. В лабораторних умовах дослідили роботу обчісувальних робочих органів, встановили їх основні параметри і режими роботи, попередні значення яких (межі варіювання) визначили аналітичним шляхом. Також дослідили траєкторії руху складових вороху після їх сходження з обчісувальних робочих органів роторів та визначили енергетичні затрати, необхідні для обчісування рослинної маси. Показники, одержані в результаті аналітичних та лабораторних досліджень, перевірили і уточнили в польових умовах, а також провели комплексну оцінку якості виконання технологічного процесу збирання насіння люцерни в цілому. На основі цього були сформульовані основні вимоги до обчісувального робочого органу, що дозволить якісно і без втрат зібрати насіння люцерни незалежно від погодних умов.

Аналіз останніх досліджень. Програмою лабораторних досліджень передбачалося: встановити параметри та режими роботи обчісувального пристрою, які забезпечать максимальне виділення насіннєвого вороху з рослинної маси без травмування насіння і обриву стебел; визначити зусилля, що виникають в стеблах рослин внаслідок їх обчісування відповідними типами робочих органів на різних режимах роботи; визначити енергетичні затрати на процес обчісування насіннєвого вороху люцерни; дослідити траєкторії руху складових насіннєвого вороху після їх сходження з робочих органів обчісувальних роторів і на їх основі обгрунтувати розміри та оптимальну форму приймальних патрубків пневмотранспортера.

Мета досліджень – встановити раціональні межі варіювання факторів і визначити розміри та оптимальну форму обчісувальних пристроїв для збирання насіннєвого вороху люцерни.

Для цього необхідно вирішити наступні задачі: вибрати тип робочих органів обчісувальних роторів; визначити кількість та характер їх розміщення на поверхні роторів; обгрунтувати параметри роторів та робочих органів; встановити раціональні режими роботи обчісувального пристрою; дослідити траєкторії руху складових насіннєвого вороху після їх сходження з робочих органів роторів; визначити зусилля, що виникають в кореневих шийках стебел при обчісуванні з них насіннєвого вороху; встановити потужність, що витрачається на обчісування насіннєвого вороху люцерни.

Результати досліджень. Лабораторні дослідження проведені з використанням стандартного обладнання та приладів, а також спеціально розроблених пристроїв за методикою, що враховує особливості процесу та досліджуваної культури.

Враховуючи складність процесу обчісування насіннєвого вороху та значну кількість факторів, що впливають на якість його виконання, провели серію пошукових експериментів, метою яких було встановити оптимальні межі варіювання факторів і визначити та відсіяти фактори, які несуттєво впливають на якість виконання процесу. Для цього використали стандартну схему проведення однофакторного експерименту [5].

Експериментальні дослідження проводили на лабораторному стенді (рис. 1), що складається з опорної рами 1, на якій закріплено поворотну рамку 2 з парою роторів 3. На кожному роторі передбачена можливість встановлення змінних робочих органів: пальців, лопатей, щіток. Ротори обертаються в зустрічних напрямках ланцюговою передачею від двигуна постійного струму 4 з можливістю сенсорного регулювання частоти обертання. Конструкція стенду дозволяє також змінювати відстань між осями обертання роторів, кут нахилу роторів до горизонтальної площини та висоту їх розміщення. Для подачі рослинної маси до робочих органів роторів використали ланцюговий транспортер 5 з затискачами 6 для закріплення пучків стебел рослин люцерни. Траєкторії руху насіннєвої маси після сходження з лопатей фіксувались на екрані 7.

Ланцюговий транспортер виконував роль рухомого поля, на якому моделювали характер розміщення кущів люцерни в рядку. Гущина встановлення затискачів на ланцюгу транспортера становить 6…7 шт/м, що відповідає середній гущині кущів люцерни в рядку на полі. Довжина ланцюгового транспортера – 10 м.

В конструкції транспортера передбачили можливість визначення зусиль, що виникають в стеблах при обчісуванні з них

насіннєвого вороху. Для цього, один з затискачів транспортера обладнали рухомими повзунами з реохордним датчиком тиску, попередньо відтарованим на зусилля в діапазоні від 10Н до 150Н і з'єднаним з самописцем. Контроль точності вимірювання зусиль та тарування датчика виконували динамографом малих зусиль Д-10.

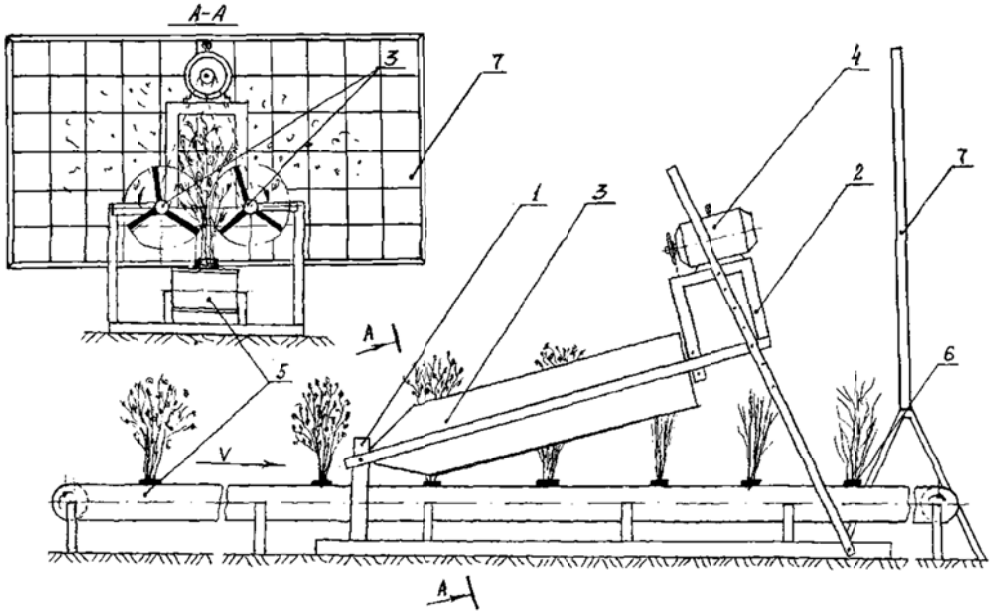

Рис. 1. Схема лабораторного стенду для дослідження процесу обчісування насіннєвого вороху люцерни.

Привід транспортера здійснювався від електродвигуна змінного струму через варіатор, що дозволило плавно регулювати швидкість переміщення ланцюга з затискачами відносно обчісувальних роторів в межах від 0,15 м/с до 2,1 м/с. Така швидкість переміщення відповідає поступальній швидкості руху трактора ЮМЗ-6Л на I…V знижених та на I підвищеній передачах.

Пара обчісувальних роторів закріплена на поворотній рамці з можливістю зміни кута нахилу осей роторів до горизонту α в межах від 0^{o} до 90^{o}, зміни висоти розміщення осей роторів відносно затискачів ланцюга транспортера h від 0 до 500 мм та зміни міжосьової відстані роторів Z (зазору) від 200 до 300 мм. Для досліджень використовували змінні ротори, на яких встановили щітки з поліетиленовими пальцями діаметром 4,5 мм; пружинні жорсткі пальці довжиною 120…150 мм, розміщені в рядах і в шахматному порядку; шарнірно закріплені жорсткі лопаті і радіальні еластичні лопаті з жорстким защемленням однієї сторони (рис. 2). Все це дозволило дослідити в широких межах вплив різноманітних факторів на якість обчісування насіннєвого вороху.

Порядок проведення дослідів, їх кількість та рівні варіювання факторів визначали за матрицею планування факторного експерименту, на основі якої склали робочу таблицю проведення

досліджень [1]. В процесі проведення досліджень незмінними прийняли наступні фактори: висота продуктивних і вегетативних стебел та їх кількість в кущі; кількість кущів на погонному метрі рядка (ланцюга транспортера); зона розміщення бобів з насінням по висоті стебел. Ці фактори визначались середнім значенням для ділянки поля, з якої відбирали рослини для досліджень і вплив їх варіювання на якість обчісування насіннєвого вороху не враховували. Довжину роторів з конструктивних міркувань прийняли рівною L_p = 0,8 м і в процесі досліджень не змінювали. Максимальні діаметри обчісувальних роторів та їх міжосьова відстань обмежені умовою необхідності розміщення пари роторів між сусідніми рядками рослин. При ширині міжрядь B = 0,6 м діаметр кожного ротора не повинен перевищувати 0,3 м. Висоту розміщення осей роторів встановлювали в залежності від середньої висоти рослинної маси, виходячи з умови забезпечення повного прочісування зони розміщення бобів з насінням по висоті.

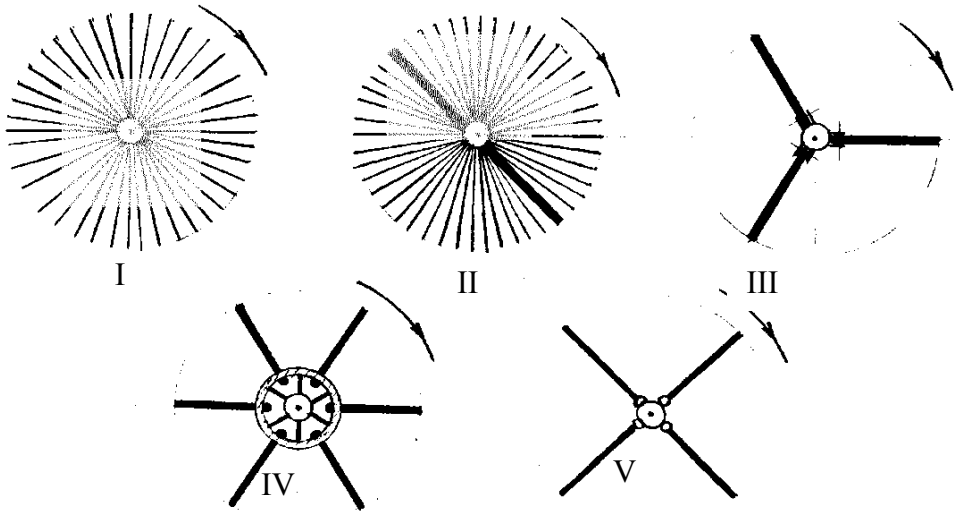

Рис. 2. Типи робочих органів обчісувальних роторів, що використовувалися в лабораторних дослідженнях: I – капронова щітка; II – комбінація щітки з еластичними лопатнями; III – еластичні лопаті; IV – жорсткі пальці з еластичним закріпленням; V – жорсткі шарнірні лопаті.

Змінювали при дослідженнях наступні фактори: поступальну швидкість ланцюга транспортера ***V***; кутову швидкість обертання роторів ω; кут нахилу осей роторів до горизонтальної площини α; вологість рослинної маси *W*; тип, розміри та характер розміщення обчісувальних робочих органів на поверхні роторів *K* (якісний фактор). Математичну модель, що відображає взаємозв'язок між факторами, вибираємо за величиною залишкової дисперсії,

максимальному та мінімальному значенню критерію оптимізації, які розрахували на обчислювальній машині [5].

Найбільш прийнятна модель для нашого випадку має вигляд:

$$y = \exp(b_0 + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} b_{ij} x_i x_j),$$

де: b_i, b_j, b_{ij} – відповідні коефіцієнти регресії.

З врахуванням конкретних значимих факторів вираз запишемо:

$$y = \exp(b_0 + b_1\omega + b_2 V_m + b_3 k + b_{11}\omega^2 + b_{12}\omega V_m + b_{13}\omega k + b_{22} V_m{}^2 + b_{23} V_m k + b_{33} k^2).$$

Для оптимізації процесу за математичною моделлю необхідно по значенням коефіцієнтів регресії знайти такі комбінації факторів, які забезпечать мінімум коефіцієнта неоднорідності, визначеного методом найменших квадратів:

$$s = \sum_{i=1}^{n} (y_i - y_e)^2 \Rightarrow \min,$$

де: y_i – експериментальне значення критерію оптимізації.

Вивчення характеру взаємодії робочих органів обчісувальних роторів з рослинною масою та визначення траєкторій руху складових насіннєвого вороху на різних режимах роботи лабораторного стенду здійснювали шляхом спостереження за процесом за допомогою стробоскопу СШ-1 згідно з інструкцією по його використанню, а основні фрагменти фіксували на кіноплівці швидкісною кінокамерою СКС-1 на фоні масштабних екранів в двох взаємно перпендикулярних вертикальних площинах [4].

Частоту обертання валів транспортера та роторів визначали тахометром годинникового типу СК-751, а лінійні величини підраховували за відомими формулами [3] і контролювали секундоміром. В процесі проведення пошукових досліджень встановлено, що зміна кута α нахилу осей роторів до горизонтальної площини в межах від 0^0 до 45^0 суттєво не впливає на якість обчісування, особливо при малих швидкостях подачі матеріалу *V*. Лопаті пари роторів доцільно встановити таким чином, щоб вони діяли на рослини одночасно з обох боків рядка, що дозволить збільшити інтенсивність обчісування стебел. Але при цьому зростуть розривні та висмикувальні зусилля, що діють на рослини (рис. 3). Кращу якість як по повноті обчісування насіння, так і за складом вороху отримали при встановленні на роторах еластичних лопатей, для визначення раціональних параметрів яких необхідно провести додаткові дослідження. Кількість лопатей на кожному роторі при частоті їх обертання вище 75 $с^{-1}$ суттєво не впливає на якість обчісування насіння, тому для подальших досліджень приймаємо *k* = 3. При обчісуванні насіннєвого вороху люцерни еластичними лопатями, як видно із рис. 3, розрив

головного стебла практично не відбувається, а бокові пагони при високій кутовій швидкості обертання роторів будуть частково обриватись. Якщо лопаті пари роторів, які обертаються з кутовою швидкістю більшою за 85 $с^{-1}$ діють на стебла одночасно, то зусилля обчісування перевищують середнє значення зусилля відриву бокових пагонів головного стебла, що призводить до їх обривання. При послідовній дії лопатей цього не відбувається навіть при максимальній кутовій швидкості обертання роторів. Слід також відмітити, що збільшення кутової швидкості обертання роторів вище 75 $с^{-1}$ при одночасній дії на рослини лопатей пари роторів призводить до більш інтенсивного зростання розривних зусиль в стеблах, ніж при послідовній. Це пояснюється ефектом защемлення стебел між лопатями.

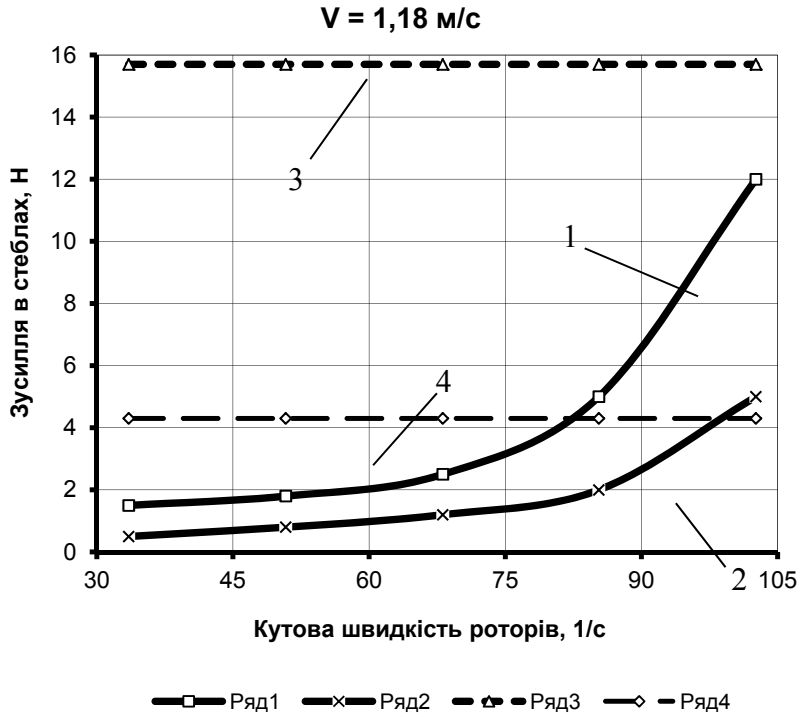

Рис. 3. Залежність зусиль, що виникають в стеблах при обчісуванні від швидкості обертання роторів: ряд 1 – при одночасній дії лопатей пари роторів; ряд 2 – при почерговій дії лопатей; ряд 3 – середнє значення зусилля розриву головного стебла; ряд 4 – середнє значення зусилля відриву пагонів.

Вологість рослинної маси також суттєво впливає на якість обчісування насіннєвого вороху. При низькій вологості (до 15%) в процесі обчісування виникає часткове обламування стебел, що пояснюється їх крихкістю (ламкістю). Це призводить до засмічення насіннєвого вороху частками стебел та пагонів і негативно впливає на завантаження машин стаціонарного пункту обробки урожаю. Але

на практиці така вологість рослинної маси під час збирання люцерни на насіння зустрічається досить рідко, крім того, насіннєвий ворох при низькій вологості відділяється від стебел без особливих проблем, що дозволяє застосовувати "м'які" режими роботи обчісувального пристрою і не погіршувати фракційний склад обчесаного вороху.

Висновок. Дослідження фізико-механічних та агротехнологічних властивостей люцерни, що вирощується на насіння, підтвердили можливість застосування методу обчісування без пошкодження кореневої системи рослин і дозволили обгрунтувати принципову компоновочну та конструктивно-технологічну схеми обчісувального пристрою, а також визначити його основні параметри та режими роботи. Насіннєвий ворох люцерни доцільно збирати роторним обчісувальним пристроєм рядного типу з еластичними лопатями, що підвищує продуктивність збирального агрегату та покращує якість зібраного вороху.

Список літератури

1. *Завалишин Ф. С.* Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / *Ф. С. Завалишин*. – М.: Колос, 1973. – 319 с.
2. *Высоцкий А. А.* Динамометрирование сельскохозяйственных машин / *А. А. Высоцкий*. – М.: Машиностроение, 1968. – 290 с.
3. *Вольф В. Г.* Статистическая обработка опытных данных / *В. Г. Вольф*. – М.: Колос, 1966. – 255 с.
4. *Веденяпин Г. В.* Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / *Г. В. Веденяпин*. – М.: Колос, 1973. – 194 с.
5. *Адлер Ю. П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский*. – М.: Наука, 1979. – 279 с.

References

1. *Zavalyshyn, F. S.* (1973). Osnovy rascheta mekhanyzyrovannykh protsessov v rastenyevodstve [The basis of the calculation of mechanized processes in crop production]. M.: Kolos, 319.
2. *Vysotskyy, A. A.* (1968). Dynamometryrovanye sel'skokhozyaystvennykh mashyn [Dynamometrical agricultural machinery]. M.: Mashynostroenye, 290.
3. *Vol'f, V. H.* (1966). Statystycheskaya obrabotka opytnykh dannykh [Statistical processing of experimental data]. M.: Kolos, 255.
4. *Vedenyapyn, H. V.* (1973). Obshchaya metodyka эksperymental'noho yssledovanyya y obrabotka opytnykh dannykh [General methodology of experimental research and processing of experimental data]. M.: Kolos, 194.
5. *Adler, Yu. P., Markova, E. V., Hranovskyy, Yu. V.* (1979). Planyrovanye эksperymenta pry poyske optymal'nykh uslovyy [Planning of experiment when searching optimal conditions]. M.: Nauka, 279.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЧЕСЫВАНИЯ СЕМЕННОГО ВОРОХА ЛЮЦЕРНЫ

В. А. Соломка, А. В. Соломка

Аннотация. *Приведены результаты лабораторных исследований качества работы обчісувального устройства,*

определены его рациональные параметры в зависимости от физико-механических свойств семенного вороха люцерны.

При обчісуванні семенного вороха люцерны эластичными лопастями разрыв главного стебля практически не происходит, а боковые побеги при высокой угловой скорости вращения роторов будут частично обрываться. Если лопасти пары роторов, которые вращаются с угловой скоростью большей, чем 85 $с^{-1}$ действуют на стебли одновременно, то усилия обчесывания превышают среднее значение усилия отрыва боковых побегов главного стебля, что приводит к их обрыву. При последовательной действия лопастей этого не происходит даже при максимальной угловой скорости вращения роторов. Следует также отметить, что увеличение угловой скорости вращения роторов выше 75 $с^{-1}$ при одновременном действии на растения лопастей пары роторов приводит к более интенсивному росту разрывных усилий в стеблях, чем при последовательной. Это объясняется эффектом защемления стеблей между лопастями.

Влажность растительной массы также существенно влияет на качество обчесывания семенного вороха. При низкой влажности (до 15%) в процессе обчесывания возникает частичное обламывание стеблей, что объясняется их хрупкостью (ломкостью). Это приводит к засорению семенного вороха частицами стеблей и побегов и отрицательно влияет на загрузку машин стационарного пункта обработки урожая. Но на практике такая влажность растительной массы во время уборки люцерны на семена встречается довольно редко, кроме того, семенной ворох при низкой влажности отделяется от стеблей без особых проблем, что позволяет применять мягкие режимы работы обчісувального устройства и не ухудшать фракционный состав обчесаного вороха.

Ключевые слова: ***люцерна, семенной ворох, влажность, обчесывания, ротор, лопасти***

LABORATORY RESEARCH OF OCCUPANCY SEED LOTS OF ALFALFA

V. O. Solomka, O. V. Solomka

Abstract. *The results of laboratory researches of quality of work abcCollege the device, determined by its rational parameters depending on the physico-mechanical properties of seed lots of alfalfa.*

When obcan seed lots of alfalfa elastic blades rupture the main stem hardly occurs, and the side shoots at a high angular velocity of rotation of the rotors will be partially cut off. If the blades of a pair of rotors that rotate with an angular velocity greater than 85 sec^{-1} act on the

stems at the same time, the efforts of occupancy higher than the average breakout force side shoots of the main stem, which leads to their breakage. Consistent with the action of the blades this does not occur, even at maximum angular speed of the rotors. It should also be noted that increasing the angular velocity of rotation of the rotors above 75 sec^{-1}, with simultaneous action on plants of the blades of a pair of rotors leads to a more intensive growth of discontinuous efforts in the stems than in serial. This is due to the effect of pinching the stems between the blades.

Moisture content of plant mass significantly affects the quality of occupancy seed lots. At low humidity (15%) in the process of occupancy there is a partial breaking of the stalks, because of their fragility (brittleness). This causes blocking of the seed lots of the particles of stalks and shoots and adversely affects the loading of cars of a stationary processing of the crop. But in practice the moisture content of the crop during the harvest of alfalfa for seed is quite rare, moreover, seed lots with low humidity separated from the stalks without any problems, allowing you to use soft modes abcCollege the device and not to impair fractional composition obasango heap.

Key words: ***alfalfa, seed pile, humidity, occupancy, rotor, blades***

УДК 631.356.22

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

І. М. Сторожук, аспірантка*
e-mail: 8455865@ukr.net

Анотація. *У статті наведено вирішення актуальної задачі підвищення технологічних показників роботи машин для збирання коренеплодів кормових буряків шляхом удосконалення гичкозбирального модуля та обґрунтування параметрів шнекового конвеєра. На основі аналізу теоретичних досліджень технологічного процесу збирання гички кормових буряків гичкозбиральним модулем розроблено математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок розрахункової продуктивності шнекового конвеєра та секундної подачі подрібнених рослинних*

***Науковий керівник – кандидат технічних наук В. Б. Онищенко**

© І. М. Сторожук, 2016