



УДК 631.352.022:378

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТЕБЕЛ ЯК ПЕРЕДУМОВА ДО РОЗРОБКИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І ФОРМУВАННЯ ПРОЄКТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ АГРОІНЖЕНЕРА

Курило Василь Леонідович, д.с.-г.н., професор, член-кореспондент НААН України
Пришляк Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет

V. Kurylo, Dr. in Agriculture, Prof., Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences
V. Pryshliak, PhD, Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University

У статті представлено результати наукових досліджень механіко-технологічних властивостей стебел, вплив агротехніки вирощування сільськогосподарських культур на характеристики міцності рослин, що впливають на розрахунок та обґрунтування параметрів ріжучих органів машин. Запропоновано інноваційні методологічні та організаційні підходи до комплексного об'єднання досягнень аграрної науки та навчального процесу щодо проблемних питань зниження енергоємності процесів зрізання і подрібнення сільськогосподарських культур, що позитивно впливає на ефективність агропромислового виробництва, а також поліпшує якісні показники підготовки фахівців у закладах вищої освіти. Показано, що застосування у навчальному процесі сучасних приладів та обладнання для дослідження механіко-технологічних характеристик стебел, новітніх засобів навчання, залучення студентів до наукової діяльності позитивно впливає на підготовку агроінженерів, отримання ними глибоких базових знань з рослинництва, теорії і практики проектування робочих органів сільськогосподарських машин і вибір джерел енергії. Розроблено рекомендації щодо наукового розвитку методики проведення експериментальних досліджень властивостей матеріалів, що є важливою складовою інноваційних педагогічних технологій формування професійних компетентностей агроінженерів.

Ключові слова: механіко-технологічні властивості, стебла, робочі органи, сільськогосподарські машини, агроінженер.

Ф. 9. Рис. 4. Літ. 11.

1. Постановка проблеми

Проста та логічна послідовність проектування сільськогосподарських машин передбачає спочатку фундаментальне вивчення об'єктів сільськогосподарського виробництва (грунту, добрив, пестицидів, рослин, тварин тощо), а далі розробляються схеми машин, знарядь чи установок, розраховуються параметри робочих органів і, насамкінець, вибирається джерело енергії, котре забезпечить виконання технологічного процесу. Механіко-технологічні властивості (МТВ) сільськогосподарських матеріалів тісно пов'язані з їхніми біологічними та фізичними особливостями, розмірно-масовими показниками, сортами, ґрунтами та попередниками у сівозміні, кліматичними умовами вирощування, зберігання та ін. [1]. Знання властивостей об'єктів, з якими взаємодіють робочі органи машин, урахування умов виробництва, галузевих стандартів до виробленої продукції, розуміння сутті технологічного процесу, котрий проектується відповідно до специфічних властивостей об'єкта обробки [2] – це є основні ключові засади до інноваційної проектної діяльності.

Окрім якісних показників роботи сучасна сільськогосподарська техніка повинна бути високопродуктивною, надійною, а затрати на її обслуговування та ремонт – мінімальними. Все це необхідно враховувати в технологіях підготовки агроінженерів. Під час проектування машин слід враховувати основні умови, якими визначається робота машин, що ґрунтуються на законах взаємозв'язку форми, розмірів і маси, законів кінематики, динаміки, деформації суцільних тіл, їх поділення та ін. Поглибленого вивчення потребують проблемні питання робочих процесів різання стебел, гілок, що є важливим для сільськогосподарського виробництва і для навчального процесу.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Механіко-технологічні властивості стебел досліджувались багатьма вченими. Ретроспективний аналіз показав, що ці питання ще у XVII ст. вивчав К. Грю, у XIX ст. – К. Кульман і Г. Спенсер. Великий вклад у розвиток науки про МТВ рослин вніс С. Швенденер, який провів



аналогію між інженерними конструкціями та стеблами рослин. У ХХ ст. вчення у даному напрямку розвинуто В.Ф. Раздорським, котрий порівнював стебло рослин з раціонально побудованою залізобетонною спорудою [2]. МТВ рослинних матеріалів колосових культур, а саме, опір стебел зрізу, міцність зв'язків зерна в колосі, закономірності розподілу розмірів стебел вивчали І.Ф. Василенко, Є. Шапіро та ін. Фундаментальну теорію взаємодії леза і рослинних стеблових матеріалів розробив акад. В.П. Горячкін. У 3-му томі його наукових праць представлено теорію жаток (кут нахилу леза ножа, відгинання стебел, найвигідніша швидкість руху ножа, основні розміри ножів жаток, розрахунок ріжучого апарату), теорію соломорізки та силосорізки (кут ковзання ножа, кут защемлення, поворот ножа, кут заточки леза, основне рівняння соломорізки і силосорізки, форма кривих для леза) [3]. Подальший розвиток ця теорія отримала у працях акад. В.А. Желиговського, проф. М.Є. Резника [4], Є.С. Босого [5] та ін. У [5] зазначено, що стебла повинні зрізатися на висоті не більше 6 см для природних і 8 см для сіяних трав і укладатися у прямолінійні прокоси. Дуже низьке скошування також не допустиме, оскільки при цьому трави можуть випадати через сильне травмування прикореневої частини стебла.

У практикумі з механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів, котрий підготували В.Г. Войтюк, О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, В.М. Швайко, О.А. Саржанов наведено лабораторні роботи з визначення основних механічних характеристик сільськогосподарських рослин під час розтягання (визначення абсолютного і відносного подовження зразків стебел рослин, тимчасового напруження і напруження за ступенями, а також модуля пропорційності), стискання (визначення абсолютних і відносних укорочень зразків стебел рослин, напружень, що відповідають межах пропорційності і міцності), перерізання (визначення максимального і середнього зусилля перерізання, роботи і питомої роботи різання стебел рослин) [6].

Подрібнення рослинних матеріалів здійснюється не тільки у галузях рослинництва, тваринництва, але й у інших галузях. Так, наприклад, у біоенергетиці у вигляді твердого палива використовують дрова, тирсу, тріски, паливні гранули, пелети [7]. Однією із ключових ланок у технологічному циклі виробництва пелет є процес подрібнення сировини. Здрібнення крупно кускових матеріалів до розмірів не більше 25x25x2 мм здійснюється із застосуванням молоткових дробарок решітчастого типу, що дозволяє покращити подальшу технологічну операцію сушіння [7]. У літературних джерелах представлено результати досліджень МТВ багатьох культур, які займають значні площі сільськогосподарських угідь, наприклад, соняшник [8], цукрові буряки (насіники) [9], злакові, бобові, круп'яні тощо. Методологічні основи розрахунку та дослідження характеристик міцності матеріалів представлено в [10].

У педагогічних технологіях підготовки майбутніх агроінженерів крім поглибленого вивчення власне самого стебла також вивчається їх сукупність, котра може представляти собою, наприклад, валок. Так за роздільного способу збирання зернових культур валковими жатками висоту зрізу встановлюють 15...20 см при довжині стебел $l_{ст} = 70...100$ см та їх кількості 300...500 шт. на 1 м² площі та 20...25 см при $l_{ст} > 100$ см та їх кількості на 1 м² – понад 500 шт. Ширина валка не повинна перевищувати 1,7 м при використанні підбирачів шириною захвату $B = 2,1$ м і 2,4 м при $B = 3,4$ м. Лінійна щільність (маса 1 м довжини валка) має бути такою, щоб молотарка комбайна оптимально завантажувалася за швидкості руху $v_m = 1,3...1,5$ м/с. Зрізані стебла, що потрапили на конвеєр підбирача, не можуть миттєво набути його швидкості руху через проковзування і приводяться в рух завдяки силі тертя F , що виникає між стеблами і полотном конвеєра підбирача [11]. Загалом, у підручнику [11] висвітлено сутність та методи інженерного розрахунку технологічних процесів, основні закономірності роботи сільськогосподарських машин залежно від властивостей і стану матеріалу, що обробляється.

3. Мета дослідження

Розробити та науково обґрунтувати теоретико-методологічні засади особливостей досліджень механіко-технологічних властивостей стебел у комплексному поєднанні результатів лабораторних і польових експериментів з розвитком професійних компетентностей агроінженера під час навчального процесу у закладах вищої освіти.

4. Основні результати дослідження

Відповідно до розробленої програми та методики теоретичних і експериментальних досліджень отримано результати основних характеристик і числових значень механіко-технологічних



властивостей стебел сільськогосподарських культур, таких як жито, пшениця, ячмінь, насінники цукрових буряків та ін. Отримані результати є обов'язковою передумовою до розробки робочих органів сільськогосподарських машин, оскільки тільки за такого підходу можна отримати оптимальні та раціональні параметри робочих органів сільськогосподарських машин, а формування проектних компетентностей агроінженера відбувається найбільш ефективно та якісно. Теоретична і практична підготовка майбутнього агроінженера передбачає різноманітні форми та види навчального процесу, а саме – лекції, лабораторні заняття, практичне навчання, консультації, самостійну роботу, у вигляді курсового проектування тощо. Розробка сільськогосподарських машин, які забезпечують виконання технологічних процесів у рослинницькій і тваринницькій галузях передбачає глибоке та всебічне вивчення та дослідження об'єкта, з котрим взаємодіють робочі органи технічних засобів механізації, тобто, перш за все, його механіко-технологічних властивостей. Після цього проводиться теоретичний аналіз, розрахунок й обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів власне самих робочих органів сільськогосподарських машин. Далі, вибирається необхідне джерело енергії, його потужність. Вибране джерело енергії повинно забезпечити надійне функціонування системи, безперебійне виконання технологічного процесу роботи при максимальних завантаженнях.

Великий науковий і практичний інтерес, особливо із біоенергетичної точки зору, викликають сільськогосподарську культури, котрі, у певній мірі, є дещо рідкісними для нас, але мають значні потенціальні можливості та перспективи розширеного районування у Лісостеповій зоні України – це цукрове сорго, Світчграс, Міскантус, Енергетична верба (*Salix*). Наведемо деякі їх характеристики.

Цукрове сорго (*Sorghum saccharum*) – це високоросла культура висотою 3,0-3,5 м, що належать до групи (С4). З одного гектара можна збирати 90-100 тонн цукроносною біомаси, що використовується для виробництва етанолу, бутанолу та біогазу. До кінця вегетації в сокові стебел накопичується до 16-18 % цукру; може забезпечити отримання соку 40-50 т/га і сухої маси до 25-30 т/га. Віджата зелена маса, використовується для отримання брикетів та пелет. Гектар посівів цукрового сорго за вегетаційний період 125...135 днів засвоює до 55 тонн вуглекислого газу та виділяє в атмосферу близько 40 тонн кисню.

Світчграс (*Panicum virgatum* L.) – це одна з багаторічних кореневищних трав, яка вирощується з метою отримання біомаси. Висота рослини залежно від сорту та кліматичних умов і становить 50-250 см. Відноситься до С4 за фотосинтезом, раціонально використовує азот і вологу. Продуктивність коливається в межах від 6 т сухої речовини на ґрунтах з низькою родючістю до 20 т/га на ґрунтах з високою родючістю. За умови хорошого догляду можна збирати урожай протягом 15 років. Світчграс походить з Північної Америки, де у природних умовах росте вздовж 55° північної довготи аж до Мексики, здебільшого як прерійна трава. З початку 90-х років світчграс почав розглядатися як трав'яна енергетична культура для виробництва етанолу і електроенергії в США та Канаді, а також як сировина для целюлозної промисловості.

Міскантус (*Miscanthus* A.) – це багаторічна трав'яниста рослина з родини злакових, С4 типу фотосинтезу, який нараховує близько 40 видів. Міскантус є високоефективною екологічно чистою культурою: після чотирьох років вирощування він накопичує 15–20 т підземної біомаси, яка еквівалентна 7,2–9,2 т/га вуглецю. Тривалість використання плантації — близько 20 років, а комерційного вирощування — 15 років. Низькі експлуатаційні витрати на вирощування відкривають широкі можливості використання даної культури для виробництва твердих видів палива. Урожайність сухої біомаси становить 15-20 т/га. Біомасу можна збирати щорічно за допомогою звичайних кормозбиральних комбайнів, а отримана маса може йти безпосередньо на вироблення тепла або перероблятися в паливні брикети чи гранули. Рекомендують вирощувати на малопродуктивних ґрунтах, не придатних для вирощування інших сільськогосподарських культур.

Енергетична верба (*Salix*). Рід верба об'єднує дерев'янисті рослини найрізноманітніших форм і розмірів: від могутніх дерев, висотою до 30 м та діаметром 1-3 м (верба біла) до дрібненьких чагарничків (полярні та австрійські верби). Природно ростуть в межах України 25 видів верб. Переваги верби: вирощування екстенсивним шляхом – плантацію енергетичної верби використовують 25 – 30 років з мінімальними витратами на догляд; діаметр рослин рідко перевищує 12 мм – допускається збирання звичайним комбайном; низькі вимоги до ґрунту; можливість використання земель, непридатних для сільського господарства; висока стійкість до хвороб і шкідників, здатність витримувати великі мінусові температури.

У поперечному перерізі стебла є досить різноманітними (рис. 1).

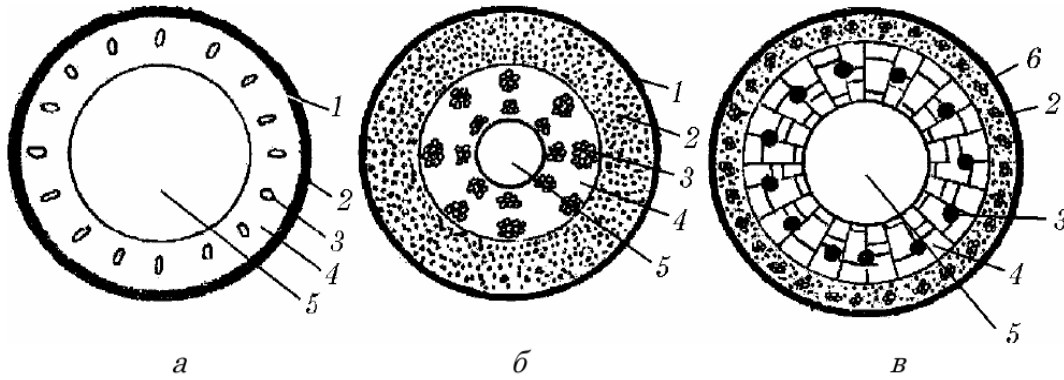


Рис. 1. Схеми поперечних перерізів стебел:
а – пшениця; *б* – льон та коноплі; *в* – деревинні рослини:

1 – епідерміс; *2* – кільце паренхіми з луб'яними волокнами; *3* – судинноволокнисті пучки; *4* – основна тканина; *5* – серцевина (порожнина); *б* – корок

Механіко-технологічні властивості рослин мінливі і залежать від багатьох факторів, у тому числі від локалізації місця розташування на полі. На проростання насіння, ріст і розвиток рослин впливають глибина заробляння насіння в ґрунт, рівномірність розміщення на полі, віддалі від дороги, смугових насаджень чи лісу, рельєфу поля. Від час проведення експериментальних досліджень і відбору рослинних проб на полі необхідно враховувати ці фактори. На рис. 2 наведено схеми відбирання зразків на полі: рис. 2, *а_с* – схема відбирання зразків спрощеним методом; рис. 2, *б_ш* – схема відбирання зразків за широкорядного посіву (рис. 2, *б_ш*, *а* – схема розміщення відрізків рядків на одному із повторень; рис. 2, *б_ш*, *б* – суміжна облікова ділянка для відбору проб).

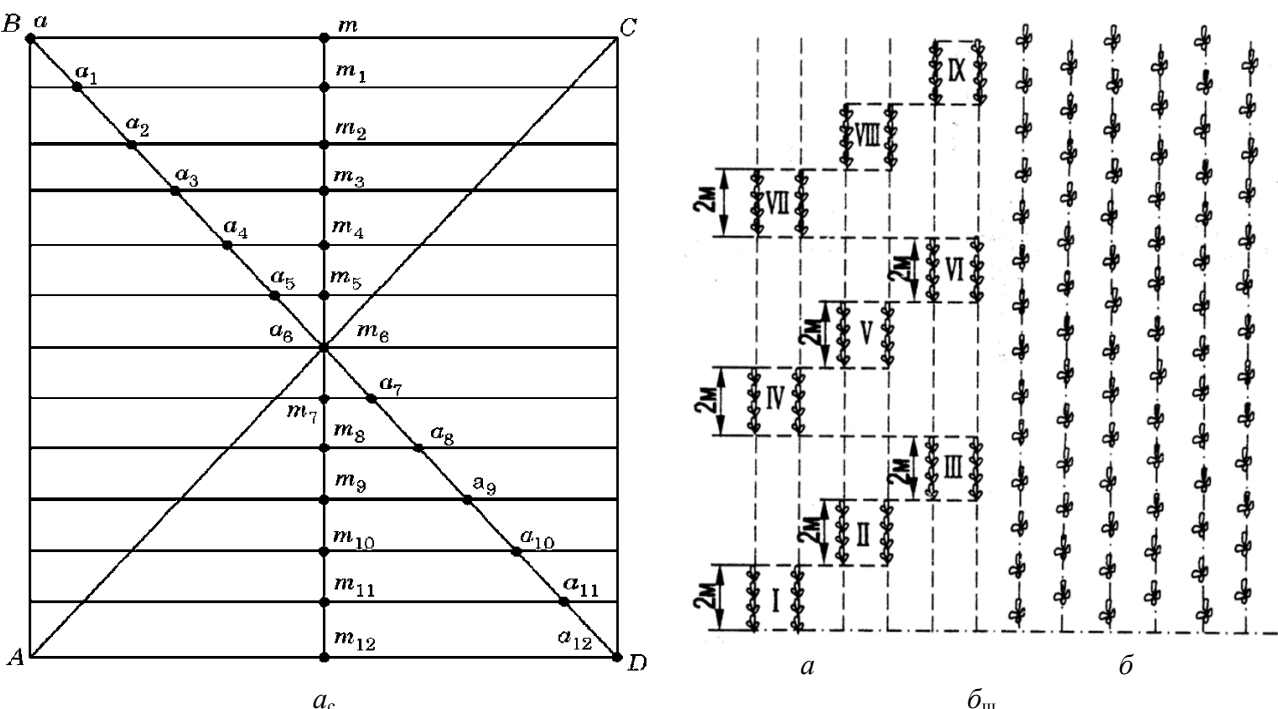


Рис. 2. Схеми відбирання зразків на полі

Повторність дослідів визначалась за формулою

$$m = \left(\frac{tV}{P} \right)^2 \tag{1}$$

де *n* – число варіантів у даному досліді; *t* – критерій Стьюдента (*t* = 2); *V* – коефіцієнт варіювання (*V* = 8...20%); *P* – відносна похибка досліді (*P* = 4...6%).



На формування стебла рослини впливає спосіб сівби. За шириною міжрядь і розміщенням насіння в рядках сівби буває рядкова, перехресна, вузькорядка, широкорядна, стрічкова, пунктирна, гніздова, квадратно-гніздова, смугова і розкидна. На рис. 3 наведено схему визначення показників розміщення рослин за гніздового способу сівби. Гніздовий спосіб сівби є різновидом широкорядного і полягає у тому, що насіння розміщують у рядках гніздами по кілька штук, найчастіше з однаковим інтервалом між ними. Відстань між гніздами визначають залежно від особливостей культури. Цей спосіб дає змогу здійснювати міжрядний обробіток.

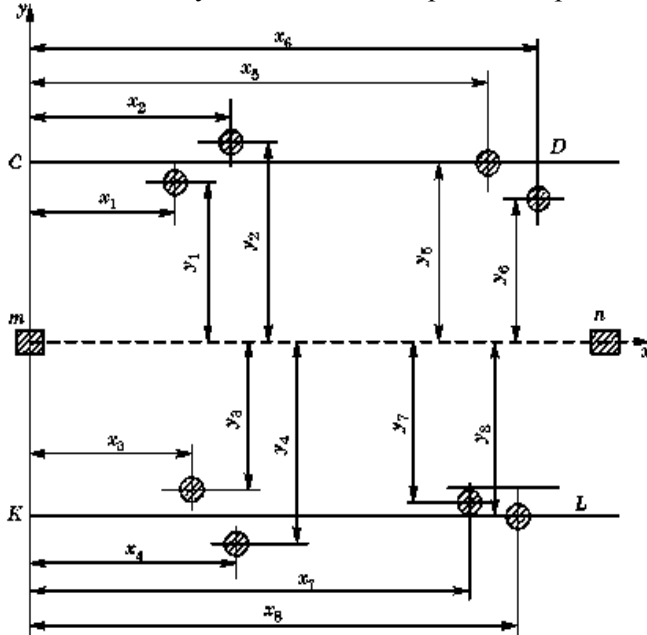


Рис. 3. Схема визначення показників розміщення рослин за гніздового способу сівби

Зібрані стебла досліджувалися на перерізання. Варто зазначити, що процес різання – найпоширеніший вид руйнування сільськогосподарських матеріалів під час їх збирання та переробки. Він полягає у проникненні леза всередину об'єкту обробітку з витісненням граннями леза часточок матеріалу. При цьому долаються сили опору нормальному тиску і тертя. Ковзаючий рух леза полегшує проникнення його в матеріал, а дрібні зазубринки входять у матеріал і відривають його часточки. Досвід показує, що процес різання стебел є складним періодичним процесом, що відбувається з деякою частотою зміни фаз стискання та розтягу. Ця частота залежить від геометрії різального інструменту: чим гостріше лезо, менший кут загострення і більший кут нахилу леза тим вища частота коливань. Збільшення останньої відповідає локалізації руйнування біля леза, що зумовлює зменшення зусилля різання [6]. Отримані результати експериментальних досліджень підтвердили, що межа міцності стебел деформаціям розтягу (різання із ковзанням) у 2 рази менша ніж деформаціям зсуву і майже у 20 менша ніж деформаціям стиску. Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичне обґрунтування ефективності різання із ковзанням

Для вимірювання сили опору стебел на перерізування використовувався динамометр переносний 3-го розряду ДОСМ-3-0,2 представлений на рис. 4. Точність динамометра висока. Він виготовлений для помірного клімату і працює нормально при вертикальному напрямі прикладення сили і відноситься до виробів, які не ремонтуються. Пружний елемент сприймає навантаження через накладку та шарик (на фото не показані) і додатковий упор. Під дією навантаження пружний елемент деформується і діє на індикатор через упор. Індикатор закріплено у корпусі.

Підготовка динамометра до використання і його лабораторне застосування полягає у первинній оцінці можливостей приладу з урахуванням геометричних і інших параметрів стебел. Для забезпечення високої точності вимірювання динамометр не менше як за годину до початку експериментальних досліджень заносився у приміщення для вирівнювання температур динамометра та навколишнього середовища.

Наведемо деякі показники розміщення рослин. Ширина міжряддя $a_{\text{сер}}$, м:

$$a_{\text{сер}} = \frac{y_2 + y_3}{2} + \frac{y_5 + y_4}{2} \quad (2)$$

Відстань між центрами букетів $b_{\text{сер}}$, м

$$b_{\text{сер}} = \frac{x_5 + x_6}{2} + \frac{x_2 + x_3}{2} \quad (3)$$

Довжина букета $l_{\text{Б}}$, м

$$l_{\text{Б}} = x_2 - x_1 \quad (4)$$

Ширина букета c , м

$$c = y_2 - y_1 \quad (5)$$

Число букетів $N_{\text{Б.М}}$ (шт.) у рядку на відстані 1 м рядка

$$N_{\text{Б.М}} = \frac{n}{l} \quad (6)$$

де n – число букетів (шт.) у рядку на відстані l .

Число букетів (шт.) на 1га $N_{\text{Б.га}}$

$$N_{\text{Б.га}} = \frac{10^4}{a_{\text{сер}} b_{\text{сер}}} \quad (7)$$

Число рослин (шт.) на 1 м рядка $N_{\text{Р.М}}$

$$N_{\text{Р.М}} = N_{\text{Б.М}} m \quad (8)$$

де m – середнє число рослин у букеті, шт.

Число рослин (шт.) на 1га $N_{\text{Р.га}}$

$$N_{\text{Р.га}} = N_{\text{Б.га}} m \quad (9)$$



Рис. 4. Динамометр ДОСМ-3-0,2

Динамометр встановлювався на опорну поверхню. Деталі, що знімаються – накладку і шарик встановлювались на динамометр. Показники індикатора встановлювались на «0» поворотом його рухомого обода. Отже, дослідження механіко-технологічних властивостей стебел є важливою передумовою до розробки робочих органів сільськогосподарських машин і формування професійних проектних компетентностей агроінженера.

5. Висновки

При виконанні виробничих технологічних операцій і у навчальному процесі, а саме, в педагогічних технологіях підготовки майбутніх агроінженерів до інноваційної проектної діяльності слід враховувати МТВ с.-г. матеріалів, у тому числі й стебел. Застосування у навчальному процесі підготовки агроінженерів базових знань з МТВ с.-г. матеріалів забезпечить достатні знання, уміння та навички з сучасних технологій проектування технічних засобів механізації с.-г. виробництва, зокрема, робочих органів, що взаємодіють зі стеблами рослин. Крім того, вивчення МТВ рослинних матеріалів допоможе майбутнім агроінженерам сформувавши глобальний рівень мислення, здатність до передбачення можливих наслідків технічного впливу на довкілля, творчо розв'язувати проблемних питань виробничої проектної діяльності.

Список використаних джерел

1. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
2. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. посібник / О. М. Царенко, С. С. Яцун, М. Я. Довжик, Г. М. Олійник. – К.: Аграрна освіта, 2016. – 243 с.
3. Горячкин В. П. Собрание сочинений / В.П. Горячкин. – М.: Колос, Т. 3., 1968. – 384 с.
4. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов: моногр. / Н. Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 309 с.
5. Босой Е. С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
6. Войтюк Д. Г. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Практикум: навч. посібник / Д. Г. Войтюк, О. М. Царенко, С. С. Яцун та ін. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 93 с.
7. Чуйко С. Л. Розробка конструктивно-технологічної схеми дробильно-сушильного агрегату для виробництва пелет / С. Л. Чуйко // Всеукраїнський науково-технічний журнал. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 2015. – №1(91). – С. 145 – 150.
8. Aliev E. B. Research on sunflower seeds separation by airflow / E. B. Aliev, V. M. Yaropud, V. Y. Dudin, V. M. Pryshliak, N. V. Pryshliak, V. V. Ivlev // INMATEH – Agricultural Engineering / National institute of research-development for machines and installations designed to agriculture and food industry. – Bucharest / Rumania: INMA Bucharest, 2018. – Vol 56. - No.3. - P. 119 – 128.
9. Курило В. Л. Агротехнічні основи процесів механізованого вирощування насіння цукрових буряків: дис ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09 / Курило Василь Леонідович; Ін-т цукр. буряків УААН. – К., 2002. – 446 с.
10. Kutsenko A. Mechanics of materials: Theory and Problems. Textbook / A. Kutsenko, M. Bondar, V. Pryshliak. – Kyiv: ТОВ “Центр учбової літератури”, 2018. – 598 p.
11. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков, та ін. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.



References

- [1] Tsarenko, O., Voytyuk, D., Schweiko, V. & others. (2003) *Mekhaniko-tekhnologichni vlastyivosti sil's'kohospodars'kykh materialiv [Mechanical and technological properties of agricultural materials]*. Kyiv: Meta [in Ukrainian].
- [2] Tsarenko, O., Yatsun, S., Dovzhik, M., Oliynik, G. (2016) *Mekhaniko-tekhnologichni vlastyivosti sil's'kohospodars'kykh materialiv [Mechanical and technological properties of agricultural materials]*. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian].
- [3] Goryachkin, V. (1968) *Sobranye sochynenyi [Collected Works]*. Moscow: Kolos, Vol. 3, [in Russian].
- [4] Reznik, N. (1975) *Teoriya rezaniya lezviyem i osnovy rascheta rezhushchikh apparatov. [Theory of cutting with a blade and the basics of calculating the cutting apparatus]*. Moscow: Mashinostroenie, [in Russian].
- [5] Bosoy, E., Verniaev, O., Smirnov, I., Sultan Shah, E. (1977) *Teoriya, konstruktsiya i raschet sel'skokhozyaystvennykh mashin [Theory, design and calculation of agricultural machinery]*. M.: Mashinostroenie [in Russian].
- [6] Voytyuk, D., Tsarenko, O., Yatsun, S. & others. (2000) *Mekhaniko-tekhnologichni vlastyivosti sil's'kohospodars'kykh materialiv [Mechanical and technological properties of agricultural materials]*. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian].
- [7] Chuiko, S. (2015) *Rozrobka konstruktivno-tekhnologichnoyi skhemy drobyl'no-sushyl'noho ahrehatu dlya vyrobnytstva pelet [Development of design and technological scheme of crushing and drying aggregate for the production of pellets]*, 1(91), 145 – 150, *Technique, power engineering, transport of agroindustrial complexes* [in Ukrainian].
- [8] Aliev, E., Yaropud, V., Dudin, V., Pryshliak, V., Pryshliak, N., Ivlev, V. (2018) *Research on the separation of sunflower seeds by airflow*. National institute of research-development for machines and installations designed to agriculture and food industry, 56, 3, 119 – 128, Bucharest / Rumania: INMA Bucharest.
- [9] Kurylo, V. (2002) *Ahrotekhnichni osnovy protsesiv mekhanizovanoho vyroshchuvannya nasinnya tsukrovykh buryakiv [Agrotechnical bases of processes of mechanized cultivation of sugar beet seeds]*. Kyiv: In-t sugar. beets UAAN [in Ukrainian].
- [10] Kutsenko, A., Bondar, M., Pryshliak, V. (2018) *Mechanics of materials: Theory and Problems*. Kyiv: TOV “Tsentri uchbovoyi literatury”.
- [11] Voytyuk, D., Baranovsky, V., Bulgakov, V. & others (2005). *Sil's'kohospodars'ki mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku [Agricultural machines. Fundamentals of theory and calculation]*. Kyiv: Vyshcha osvita [in Ukrainian].

**МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕБЛЕЙ КАК ПРЕДПОСЫЛКИ К
РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И
ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ АГРОИНЖЕНЕРА**

В статье представлены результаты научных исследований механико-технологических свойств стеблей, влияние агротехники выращивания с.-х. культур на прочностные характеристики растений, которые следует учитывать при расчете и обосновании параметров режущих рабочих органов машин. Предложено инновационные методологические и организационные подходы к комплексному объединению достижений аграрной науки и учебного процесса по проблемным вопросам снижения энергоемкости процессов срезания и измельчения с.-х. культур, что положительно влияет на эффективность агропромышленного производства, а также улучшает качественные показатели подготовки специалистов в учреждениях высшего образования. Показано, что применение в учебном процессе современных приборов и оборудования для исследования механико-технологических характеристик стеблей, новейших дидактических средств обучения, привлечение студентов к научной деятельности положительно влияет на подготовку агроинженеров, получение ими глубоких базовых знаний по теории и практики проектирования рабочих органов с.-х. машин и выбору источников энергии.

Разработаны рекомендации научного развития методики проведения экспериментальных исследований механико-технологических свойств растений, что является важной составляющей инновационных педагогических технологий формирования профессиональных проектных компетенций будущих агроинженеров.



Ключевые слова: механико-технологические свойства, стебли, рабочие органы, сельскохозяйственные машины, агроинженер.

Ф. 9. Рис. 4. Літ. 11.

MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF STEEL AS A PRESERVATION TO THE DEVELOPMENT OF WORKING AGENCIES OF AGRICULTURAL MACHINES AND FORMING PROJECT COMPETENCIES OF AGRICULTURAL ENGINEER

The results of scientific studies of the mechanical and technological properties of the stems, as well as the effect of agricultural technology of growing crops on the strength characteristics of plants, which should be taken into account when calculating and justifying the parameters of cutting machines working bodies were presented in the article. Innovative methodological and organizational approaches to the integrated integration of the achievements of agrarian science and the educational process on the problematic issues of reducing the energy intensity of crop cutting and shredding processes, which positively affect the efficiency of agro-industrial production, as well as improve the quality indicators of training specialists in higher education institutions were proposed. It is shown that the use in the educational process of modern instruments and equipment for the study of the mechanical and technological characteristics of the stems, the newest didactic teaching aids, the involvement of students in scientific activity has a positive effect on the training of agricultural engineers, their deep basic knowledge of crop production, theory and practice of designing agricultural workers machines and energy sources. Recommendations for the scientific development of the methodology for conducting experimental studies of mechanic and technological properties that are an important component of the innovative pedagogical technologies for the formation of professional project competencies of future agroengineers have been developed.

Key words: mechanical and technological properties, stems, working bodies, agricultural machines, agroengineer.

F. 9. Fig. 4. Ref. 11.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Курило Василь Леонідович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету, член-кореспондент НААН (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: kurilo_v@ukr.net).

Пришляк Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: viktor.prishlyak@i.ua).

Курило Василий Леонидович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры Агроинженерия и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета, член-корреспондент НААН (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: kurilo_v@ukr.net).

Пришляк Виктор Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии и технического сервиса Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: viktor.prishlyak@i.ua).

Kuril Vasily – Doctor of agricultural sciences, professor of the department of agroengineering and technical service of the Vinnitsa National Agrarian University, Corresponding Member of NAAS (3, Solnychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: kurilo_v@ukr.net).

Pryshlyak Viktor – PhD, Associate professor of the department of agroengineering and technical service of the Vinnitsa National Agrarian University (3, Solnyshchaya St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: viktor.prishlyak@i.ua).