

УДК 658.51:631.3

О.В. Сидорчук, д.т.н., член-кореспондент НААНУ, професор,

В.А. Українець, І.П. Івасюк наукові співробітники, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства».

П.М. Луб, к.т.н., в.о. доцента, Л.Л. Сидорчук, к.т.н., асистент, Львівський національний аграрний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ОЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТІВ АДАПТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ, ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СІВБИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Узагальнено вимоги сільськогосподарських культур до ґрунтово-кліматичних умов їх проростання та формування продуктивних сходів. Охарактеризовано вплив агрометеорологічних умов на стан ґрунту, формування структури робіт у проєктах удобрення, обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур, а також на їх перебіг. Означено предметні та агрометеорологічні причини застосування адаптивних технологічних систем й сутність системно-подієвого підходу до управління цими проєктами.

Ключові слова: ґрунт, удобрення, культура, умови, мінливість, роботи, адаптування, енергоощадність.

Постановка проблеми та завдання дослідження. Для забезпечення прибутковості рільничого підприємства необхідно вирощувати високі врожаї сільськогосподарських культур із мінімальними витратами енергії та коштів на виконання відповідних механізованих процесів. Умовою ж досягнення високих врожаїв культури є своєчасне задоволення її вимог щодо «факторів життєдіяльності» (світла, тепла, вологи, повітря, поживних речовин) на кожній із фенологічних фаз розвитку культурної рослини [4,5]. Ці вимоги на початкових етапах її росту та розвитку забезпечуються узгодженням механізованих робіт щодо удобрення, підготовки ґрунту та сівби (УПС) культур із поточним станом предмету праці (посівним шаром ґрунту) та динамікою розвитку агрометеорологічних умов весняного, або літньо-осіннього періодів. Однак через стохастичність агрометеорологічних умов початковий стан предмету праці та фонд часу, за якого необхідно його "адаптувати" до посівних вимог сільськогосподарських культур в розрізі окремих років реалізації проєктів УПС є мінливим. Це об'єктивно зумовлює потребу специфічної бази даних та знань щодо адаптивного виконання проєктів УПС в умовах, що змінюються. Науково-методичні підстави оцінювання ефективності такого підходу до управління відповідними енергоощадними проєктами ще розроблені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чинні методи та моделі обґрунтування параметрів комплексів машин сільськогосподарського підприємства (СП) [7] ґрунтуються на нормативах потреби у техніці і дають змогу встановити "базовий" комплекс машин для заданих агротехнічних термінів виконання робіт [3]. Їх застосування для дослідження проєктів адаптивних технологічних систем [9], на жаль, не дає змоги об'єктивно оцінити комплекс машин, який функціонує в умовах, що змінюються та потребують управління відповідними роботами з УПС.

Мета статті – розкрити системно-подієві підстави управління проєктами створення та використання адаптивних комплексів машин (технологічних систем) для УПС та концептуально означити науково-методичні положення й проблеми щодо оцінювання енергоощадності цих проєктів.

Виклад основного матеріалу. Як уже зазначалося, для продуктивного росту та розвитку сільськогосподарської культури потребують забезпечення «факторами життєдіяльності». Однак на кожній із фаз розвитку рослина потребує різної їх пропорції. Зокрема, для проростання насінини та появи вчасних і дружніх сходів, що є важливою передумовою високих врожаїв у майбутньому, посівний шар ґрунту повинен своєчасно задовольняти вимоги щодо його температури, зволоження, пористості та удобрення.

Зміна температурних умов та вологості ґрунту відбувається внаслідок об'єктивної та некерованої дії агрометеорологічних умов, а формування пористого та удобреного шару ґрунту здійснюється внаслідок механізованого втручання у структуру цього шару за рахунок виконання певних технологічних операцій. У цьому разі якісно перетворений ґрунт, що задовольняє вимоги до його пористості та структурності, створює сприятливі умови для доступу повітря до посіяних

рослин, сприяє надходженню тепла, вологи, поживних речовин, активізацію мікробіологічних процесів та випаровування надлишкової вологи тощо, а відтак формування продуктивної кореневої системи рослин та дружніх сходів. Окрім того, для кожної окремої культури оптимальні сприятливі умови проростання та появи сходів є специфічними та формуються за сукупної дії зазначених умов, а відсутність будь-якої із них призводить до пригнічення біологічних процесів, втрату енергії проростання насіння та зниження продуктивності росту та розвитку рослин загалом.

Таким чином, щоб забезпечити ефективність проектів механізованого вирощування сільськогосподарських культур у першу чергу необхідно своєчасно забезпечити вимоги рослини щодо якісних ґрунтових умов проростання насіння та появи дружніх сходів. Створення цих умов відбувається в результаті механічного впливу на його структуру, щільність, забур'яненість, вологість тощо, а також внаслідок перебігу природних процесів (фізичних, хімічних, біологічних), темпи яких зумовлені інтенсивністю зміни агрометеорологічних умов окремого сезону. Виходячи із цього, для забезпечення енергоощадності процесів УПГС СГП повинні моніторити стан предмету праці, агрометеорологічних умов та прогнозувати їх розвиток з метою обґрунтування та виконання ефективних механізованих дій стосовно якісного перетворення ґрунту із початкового в бажаний.

Системно-подієвий аналіз особливостей якісного перетворення посівного шару ґрунту як під впливом природних процесів, так і внаслідок його механізованого обробітку, дає підстави стверджувати, що забезпечення цих умов можливе на підставі застосування адаптивних (до предмету праці та розвитку агрометеорологічних умов) технологічних комплексів машин. Для розкриття цього положення розглянемо тенденції зміни стану посівного шару в розрізі весняного періоду ґрунтообробно-посівних робіт (рис. 1).

Загальновідомо, що у весняний період відбувається наростання плюсових температур. За цих умов, сніговий покрив після зимового періоду перетворюється у вологу, засвоюється ґрунтом та випаровується. Підсихаючи ґрунт переходить у такий стан, за якого доцільно виконувати його механізований обробіток – настає фізична стиглість ґрунту [1]. Наступне прогрівання ґрунту активує мікробіологічні процеси та процеси капілярного випаровування вологи із нижчих шарів ґрунту. Ця предметна особливість об'єктивно зумовлює потребу виконання певних технологічних операцій. Так, для культур пізніх термінів сівби (кукурудза, гречка тощо), коли ще ґрунт не в достатній мірі прогрівся, виконують боронування для руйнування капілярів та закриття ґрунтової вологи, а також провокування розвитку бур'янів. Це призводить до перетворення його якісного стану. Однак для ярих ранніх зернових (яра пшениця, ячмінь, овес тощо) одразу слід виконувати передпосівний обробіток та сівбу [5], оскільки їхні сходи здатні з'явитися за нижчих температур та формувати в цих умовах кращу кореневу систему, а також витримувати відносно більші заморозки.

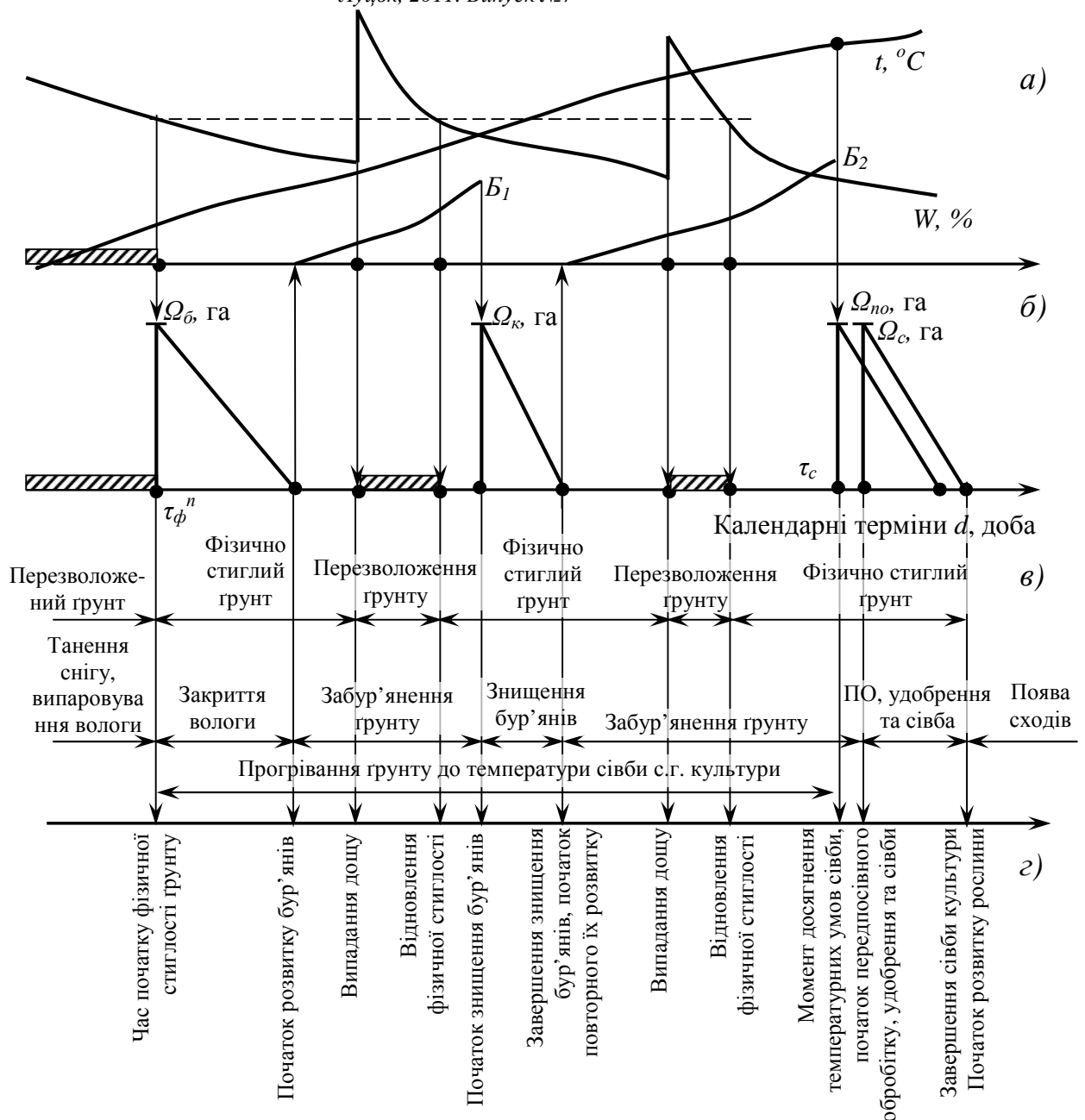


Рис. 1. Системно-подієвий аналіз причин та тенденцій перетворення якісного стану посівного шару ґрунту: а) некеровані природні процеси; б) системно адаптовані роботи; в) стан ґрунту та тенденції його якісного перетворення; г) структура подій ґрунтообробно-посівного процесу; $Q_{об}, Q_{к}, Q_{но}, Q_{с}$ – відповідно обсяги робіт із боронування, культивуації, передпосівного обробітку та сівби, га; B_1, B_2 – розвиток бур'янів; W, t – відповідно вологість та температура посівного шару ґрунту; $\tau_{ф}^n$ – час початку фізичної стиглості; доба; τ_c – час прогріву ґрунту до температурних умов сівби культури.

Розглядаючи рослини пізніх термінів сівби, зазначимо, що розвиток бур'янів на їх полях призводить до потреби виконання технологічних операцій щодо їх знищення. За традиційної технології для цього застосовують культивуацію із боронуванням. На практиці цей агротехнічний захід можуть виконувати повторно - в міру розвитку бур'янів, або ж під час передпосівного обробітку. Відомо [2,5], що визначальною умовою початку передпосівного обробітку та сівби культури є температура посівного шару ґрунту та ризик появи заморозків, кількісні значення яких для кожної культури є різні.

Таким чином, під дією агрометеорологічних умов впродовж весняного періоду предмет праці змінює свій якісний стан, що разом із вимогами сільськогосподарських культур до ґрунтово-агрометеорологічних умов їх проростання та розвитку формує потребу у виконанні скінченої

кількості технологічних операцій щодо його перетворення. Ці перетворення необхідно узгоджувати із поточним станом ґрунту та темпами його об'єктивної та некерованої зміни. Окрім того, складність цієї задачі поглиблюється мінливістю початкового стану предмету праці в розрізі років реалізації проектів технологічних систем УПГС, стохастичністю часу початку (τ_{ϕ}^n) фізичної стиглості та тривалості (t_{n3}) природо зумовленого фонду часу на виконання відповідних робіт, наявністю та темпами розвитку бур'янів, кількістю опадів тощо.

Початковий стан предмету праці для весняного періоду зумовлений попередником, а саме видами ґрунтообробних робіт, що виконувались після збирання його врожаю, а також особливостями перебігу зимового періоду (наявністю опадів, заморозків, їх тривалістю тощо) та його завершення. Зокрема, ранні терміни початку зими можуть привести до неповного виконання або невиконання певних технологічних операцій для УПГС, що виконувались у попередній літньо-осінній період. У цьому разі об'єктивно виникає потреба корегування структури робіт для весняного періоду. Окрім того, опади впродовж зимового періоду формують щільний сніговий покрив та запаси вологи у ґрунті, що є позитивним для майбутнього вологозабезпечення рослин однак впливає на терміни τ_{ϕ}^n у весняний період та скорочує t_{n3} . Це явище безпосередньо формує вимоги до термінів ґрунтообробно-посівних робіт, а у разі, коли технологічно потрібний фонд часу (t_{mn}) перевищує t_{n3} , то також виникає потреба корегування структур відповідних робіт, що є підставою потреби формування множини (комплексу) машин різного призначення.

Відповідно до цього, умовою ефективності (E) такого адаптивного комплексу машин для УПГС у розрізі років його функціонування є забезпечення відповідності між t_{mn} та t_{n3} для предметних та агрометеорологічних умов окремого року за яких задовольнятимуться першочергові вимоги рослин до ґрунтово-агрометеорологічних умов їх проростання та появи сходів, а також мінімізації сукупних витрат на виконання проекту. У неявному вигляді ця залежність має вигляд:

$$E = f(t_{mn} \Leftrightarrow t_{n3}, \sum B), \quad (1)$$

де $\sum B$ – сукупні витрати (коштів чи енергії та технологічних витрат через несвоєчасність робіт) на виконання робіт для УПГС.

Технологічно потрібний фонд часу формується на підставі сукупності керованих, частково керованих та некерованих складових:

$$t_{mn} = f(Pr, Ck, S, Bk, Pkm, Am), \quad (2)$$

де Pr – початковий та поточний стан предмету праці; Ck – культури та їх структура у сівозміні; S – площа ріллі СГП; Bk – вимоги культур до ґрунтово-агрометеорологічних умов їх проростання та появи сходів; Pkm – параметри адаптивного комплексу машин; Am – агрометеорологічні умови періоду робіт для УПГС.

Агрометеорологічні умови є некерованою складовою та причиною мінливості природно зумовленого фонду часу та системно-подієвих умов, за яких виникає потреба технологічного адаптування структури відповідних робіт. Ця залежність t_{n3} має вигляд:

$$t_{n3} = f(\tau_{\phi}^n, \sum t_{nm}, \tau_c, t_{ac}), \quad (3)$$

де t_{ac} – агротехнічні вимоги до тривалості технологічної операції сівби.

Таким чином, сутність енергоощадності проектів вирощування культур, та, зокрема, механізованих робіт для УПГС, полягає у виконанні саме тих робіт (технологічних операцій) щодо перетворення якісного стану посівного шару ґрунту в системних умовах, що склалися, за яких задовольняються вимоги рослин до гідротермічних умов їх продуктивного росту та розвитку. Для практичного досягнення цього СГП повинні мати адаптивні комплекси машин та володіти специфічними методами і моделями управління, які дають змогу на підставі даних поточного моніторингу за станом ґрунтових та агрометеорологічних умов, а також даних щодо їх прогнозного розвитку здійснювати комп'ютерне моделювання процесів УПГС у віртуальних проектах і на цій підставі оцінювати показники ефективності робіт та їх ризик, а відтак обґрунтовувати ефективні рішення та дії щодо адаптивного та енергоощадного їх виконання на практиці.

Для розроблення таких методів та моделей необхідно володіти специфічною базою знань щодо стохастичності та тенденцій розвитку агрометеорологічних умов, їх впливу на стан ґрунту та розвиток культурних рослин. Зокрема нами доведено можливість формування такої бази знань на підставі даних метеостанцій та формалізації головних закономірностей агрометеорологічних умов згаданих періодів і їх впливу на стан ґрунту, тривалість погожих та непогожих проміжків часу, тривалість природно зумовленого фонду часу виконання робіт, часу початку сівби і ризик цих

показників [8,10]. Також нами доведено можливість створення адекватних статистичних імітаційних моделей що можуть об'єктивно відображати вплив системно-подієвих умов на перебіг робіт із обробітку ґрунту [6]. Тоді на підставі обґрунтованого алгоритму прийняття рішень щодо доцільності виконання тих чи інших технологічних операцій за різних агрометеорологічних умов і некерованих тенденцій їх впливу на стан ґрунту та формування t_{nz} виникає можливість встановити множину інтегрованих функціональних показників. Вартісне оцінення цих показників та їх закономірностей за різної виробничої програми СГП, мінливих предметних та агрометеорологічних умов, а також параметрів адаптивних комплексів машин дає змогу відшукати таке їх співвідношення, за якого досягатиметься екстремум функції ефективності.

Однак застосування цих методів та моделей не дає змоги розробити науково-методичні положення щодо енергоощадного виконання робіт для УППС внаслідок створення та застосування адаптивних комплексів машин. Для цього необхідно володіти знаннями щодо: 1) впливу умов зимового періоду на початковий стан ґрунту у весняний період; 2) впливу тенденцій зміни агрометеорологічних умов на вологість, щільність, температуру, мікробіологічні процеси та забур'яненість ґрунту; 3) впливу виконання чи невиконання того чи іншого поєднання елементарних технологічних операцій (за допомогою одно- та багатоопераційних машин, мінімального обробітку, системи no-till тощо) на якісний стан ґрунту та тенденції його зміни внаслідок впливу агрометеорологічних умов, продуктивність росту та розвитку сільськогосподарських культур на початкових фазах їх вегетаційного періоду; 4) сукупного впливу якісного стану ґрунту (на момент сівби) та агрометеорологічних умов на продуктивність росту та розвитку культури; 5) ступеня негативного впливу заморозків на розвиток культур у таких фенологічних фазах як проростання, поява сходів та кушення.

Усунення цієї прогалини знань дасть змогу розробляти науково обґрунтовані рекомендації щодо: 1) адаптивного та енергоощадного виконання множини технологічних операцій із УППС; 2) оцінення ступеня забезпечення якісних вимог культур до ґрунтового-агрометеорологічних умов на початкових фазах їх росту та розвитку; 3) політики формування адаптивних технологічних систем, тенденцій технічного переозброєння СГП і підприємств технологічного сервісу, а також їх розвитку; 4) підвищення ефективності галузі на регіональному, міжрегіональному та державному рівнях; 5) напрямків і тенденцій розвитку галузі вітчизняного машинобудування.

Висновки. 1. Сільськогосподарські культури формують чіткі вимоги до ґрунтового-кліматичних умов їх проростання та появи дружніх сходів, досягнення яких забезпечує формування високих врожаїв у майбутньому. 2. Головним завданням робіт для удобрення, обробітку ґрунту та сівби культур є своєчасне забезпечення відповідного якісного стану посівного шару ґрунту та створення умов для узгодженого розвитку культури із тенденціями зміни агрометеорологічних умов у вегетаційний період. 3. Початковий стан ґрунту та вплив на нього агрометеорологічних умов в розрізі років виконання зазначених робіт є змінні, це об'єктивно формує різну тривалість природно зумовленого фонду часу на їх виконання та потребу технологічного адаптування. 4. Виконання тільки тих механізованих заходів, що саме потрібні для перетворення якісного стану предмету праці в агрометеорологічних умовах окремого року, дає змогу задовольнити вимоги сільськогосподарських культур до посівного шару та забезпечити енергоощадність цих процесів. 5. Для цього необхідно застосовувати адаптивні комплекси спеціалізованих машин. 6. Науково-методичні положення щодо оцінення ефективності адаптивного виконання робіт для перетворення якісного стану ґрунту та узгодження їх термінів із динамікою впливу агрометеорологічних умов відповідного періоду на продуктивність росту та розвитку рослин (зокрема на початкових фенологічних фазах їх вегетації) ще не розроблені, що це унеможливило об'єктивне оцінення ефективності адаптивних технологічних систем, а відтак розроблення рекомендацій щодо системно-аналітичного управління відповідними проектами.

Використана література

1. Бомба М.Я., Томашівський З.М. Наукові і практичні основи обробітку ґрунту: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Галичина, – 1993. – 148 с.
2. Грингоф И. И. Агрометеорология / И. И. Грингоф, В. В. Попова, В. Н. Страшный. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 310 с.
3. Завалишин Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Ф. С. Завалишин. – М. : Колос, 1973. – 319 с.

4. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов онтогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. - 3-е изд., доп. - М.: Высш. шк., 1977. – 288 с.
5. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ “Укр. технології”, 2002. – 800 с.
6. Луб П.М. Обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин сільськогосподарського підприємства. Автореф. дис...канд. техн. наук.: – Львів, 2006. – 20 с.
7. Пастухов В. І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В. І. Пастухов; Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. – Х., 2004. – 38 с.
8. Сидорчук О.В. Агрометеорологічні причини адаптивності технологічних систем із удобрення, підготовки ґрунту та сівби культур / О.В. Сидорчук, В.А. Українець, П.М. Луб, В.В. Грабовець // Сільськогосподарські машини. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – № 21, т. 2.– С. 83-90.
9. Сидорчук О. В. Технологічні вимоги механізованого процесу в рослинництві до темпів ремонту машин / О. В. Сидорчук, М. І. Карпа, В. О. Тимочко, С. А. Федосенко // Підвищення організаційно-технічного рівня ремонтно-відновних процесів в АПК регіону: Пр. ін-ту / Львів с.-г. ін-т. – Львів, 1990. – С 84-90.
10. Сидорчук О.В. Формалізація умов використання комплексу ґрунтообробних машин / О.В. Сидорчук, П.М. Луб // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2005. - Вип. 89. – С.109-119.