



УДК 631.356.26:631.558.4

DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-2

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНО ЗУМОВЛЕНИЙ ФОНД ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Дуганець В. І., к.т.н.*

Пукас В. Л., здобувач

Подільський державний аграрно-технічний університет

Луб П. М., к.т.н.

Львівський національний аграрний університет

E-mail: duganec-viktor@rambler.ru

Тел. +38(067)884-25-86

Анотація – Одним із основних природних факторів, що впливають на своєчасність виконання польових робіт із механізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур є агрометеорологічні умови. Їх стохастична дія та некерованість призводить до запізнення виконання робіт із збирання врожаю цукрових буряків, що підвищує вірогідність виникнення технологічних втрат врожаю коренеплодів. Тому на практиці доводиться прогнозувати агрометеорологічні умови, аналізувати стан ґрунту та коренеплодів цукрових буряків, а далі приймати рішення щодо часу початку та тривалості виконання відповідних робіт по збиранню врожаю. У статті розкрито методика та представлено результати дослідження впливу агрометеорологічних умов осіннього періоду на добовий фонд часу для технологічних процесів збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків. Встановлення статистичних закономірностей тривалості ($t_{плд}$) природно дозволеного добового фонду часу на виконання робіт дало змогу врахувати вплив агрометеорологічних умов на добову продуктивність ($W_{доб}$) бурякозбиральних комбайнів, а відтак відобразити в імітаційній моделі цих процесів об'єктивно зумовлені часові обмеження на їх функціонування в осінній період. Встановлені в результаті дослідження закономірності, доповнюють інформаційну базу знань для відображення впливу агрометеорологічної складової на часові характеристики виконання робіт по збиранню цукрових буряків. Це відіграє важливу роль для об'єктивного відображення технологічних процесів в статистичній імітаційній моделі, а відтак дає змогу отримати достовірні результати комп'ютерних експериментів для встановлення статистичних закономірностей їх функціональних показників ефективності. Врахування в статистичній імітаційній моделі технологічних процесів збирання цукрових буряків, впливу агрометеорологічної складової на їх перебіг дає змогу отримати об'єктивні результати комп'ютерних експериментів, а відтак встановити закономірності зміни функціональних показників ефективності за відповідного технічного забезпечення.

Ключові слова – агрометеорологічні умови, фонд часу, збирання цукрових буряків, моделювання, технологічні втрати.

* Науковий керівник – Дуганець В. І., к.т.н., доцент

© Дуганець В. І., Пукас В. Л., Луб П. М.



Постановка проблеми. Своєчасність польових робіт із механізованого вирощування сільськогосподарських культур значною мірою залежить від агрометеорологічних умов. Їх стохастична дія та некерованість призводить до запізнення із механізованими технологічними процесами (ТП), зокрема, із збирання врожаю цукрових буряків (ЗЦБ). Це підвищує вірогідність виникнення технологічних втрат врожаю коренеплодів. На практиці ж, доводиться прогнозувати агрометеорологічні умови, моніторити стан ґрунту та коренеплодів цукрових буряків (предметів праці), виконувати аналіз і прогноз тенденцій їх зміни, а також приймати рішення щодо часу початку та тривалості виконання відповідних ТП. Ефективність цих рішень значним чином опирається на достовірність інформації щодо закономірностей зміни тривалості природно зумовленого фонду часу на виконання відповідних ТП, зокрема, в розрізі осіннього періоду.

Аналіз останніх досліджень переконує у тому, що питання впливу агрометеорологічних умов на виконання відповідних ТП у рільництві розглядалися неодноразово: 1) підготовка ґрунту та сівба [4]; 2) хімічний захист посівів [12]; 3) вирощування [10] та збирання врожаю культур [1;3;11] тощо. Зокрема у праці [9], для обґрунтування часу початку механізованих процесів збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків враховано закономірність зміни природно дозволеного фонду часу на їх виконання в розрізі осіннього календарного періоду. Аналіз положень викладених у цих працях свідчить про вагомість врахування впливу агрометеорологічної складової, однак питання щодо добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ ще потребують уточнення.

Формулювання мети дослідження. Метою статті є розкриття методики та представлення результатів дослідження впливу агрометеорологічних умов осіннього періоду на добовий фонд часу для технологічних процесів збирання врожаю коренеплодів цукрових буряків.

Результати та обговорення. Тривалість ТП ЗЦБ формується сукупністю чинників, окремі із яких некеровані та зумовлені впливом агрометеорологічних та біологічно-предметних складових. Зокрема, встановлення статистичних закономірностей тривалості ($t_{\text{пдд}}$) природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ дає змогу врахувати вплив агрометеорологічних умов на добову продуктивність ($W_{\text{доб}}$) тих чи інших бурякозбиральних комбайнів, а відтак відобразити в імітаційній моделі цих ТП об'єктивно зумовлені часові обмеження на їх функціонування в осінній період.

Для визначення статистичних закономірностей зміни $t_{\text{пдд}}$ розроблено методику, котра ґрунтується на використанні загальновідомої інформації, проведенні виробничих спостережень та



комп'ютерних експериментів із статистичною імітаційною моделлю ТП ЗЦБ.

Отже, тривалість $t_{\text{пдд}}$ обмежена двома подіями – організаційно відкоригованим часом початку ($\tau_{\text{п}}^{\circ}$) ТП ЗЦБ та часом ($\tau_{\text{зс}}$) заходу сонця (рис. 1, а). Слід зазначити, що з метою врахування щоденних організаційно-технологічних підготовчих етапів виконання ТП ЗЦБ час їх початку для кожного із погожих днів ($\tau_{\text{п}}^{\circ}$) приймався як – $\tau_{\text{п}}^{\circ} = 8^{\text{00}}$ год. Вважається, що за проміжок часу між сходом сонця ($\tau_{\text{сс}}$) та $\tau_{\text{п}}^{\circ}$ комбайнер (оператор) встигне виконати усі щоденні підготовчі етапи: 1) отримання наряду на виконання роботи; 2) перевірка технічного стану комбайна; 3) заправка пального тощо.

Для відображення подій $\tau_{\text{сс}}$ та $\tau_{\text{зс}}$ використано загально доступну інформацію із метеоресурсів щодо тривалості світлової частини доби та часу сходу і заходу сонця в розрізі відповідного календарного періоду та регіону виконання ТП ЗЦБ. Зокрема, для визначення $\tau_{\text{сс}}$ та $\tau_{\text{зс}}$ використано наступні рівняння:

$$\text{- час сходу сонця: } \tau_{\text{сс}} = -2,1 \cdot 10^{-5} \cdot d^2 + 0,0457 \cdot d - 4,46; \quad (1)$$

$$\text{- час заходу сонця: } \tau_{\text{зс}} = 9,9 \cdot 10^{-5} \cdot d^2 - 0,0929 \cdot d + 35,998. \quad (2)$$

Загальновідомо, що випадання дощу ($\tau_{\text{д}}$) призводить до перезволоження ґрунту та ускладнення викопування коренеплодів [2; 7; 8]. Це знижує продуктивність бурякозбиральних комбайнів та технологічну якість зібраних коренеплодів. Тому, для визначення $t_{\text{пдд}}$ прийнято умову, що у разі перезволоження ґрунту ТП ЗЦБ призупиняють до моменту відновлення його фізичної стиглості, тобто виникнення події $\tau_{\text{вф}}$. Зазначимо, що у разі виникнення події $\tau_{\text{д}}$ до моменту $\tau_{\text{п}}^{\circ}$ нами вважалось, що поточний день є непогожим, за якого – $t_{\text{пдд}} = 0$ год. У разі, коли подія $\tau_{\text{д}}$ виникає після $\tau_{\text{зс}}$, вважалось, що непогожим буде наступний день.

Для випадку, коли $\tau_{\text{д}}$ виникала між подіями $\tau_{\text{п}}^{\circ}$ та $\tau_{\text{зс}}$ визначали $t_{\text{пдд}}$ (рис. 1, б):

$$t_{\text{пдд}} = \tau_{\text{д}} - \tau_{\text{п}}^{\circ}. \quad (3)$$

Аналогічно визначали $t_{\text{пдд}}$ для добив якій після непогожого проміжку відновлюється фізична стиглість ґрунту – $\tau_{\text{вф}}$. Зокрема, для випадку $\tau_{\text{вф}} \leq \tau_{\text{п}}^{\circ}$ приймалось, що поточна доба є погожою. За умови $\tau_{\text{вф}} \geq \tau_{\text{зс}}$ вважали, що погожою буде наступна доба. Для випадку $\tau_{\text{п}}^{\circ} \leq \tau_{\text{вф}} \leq \tau_{\text{зс}}$ визначали $t_{\text{пдд}}$ (рис. 1, в):

$$t_{\text{пдд}} = \tau_{\text{зс}} - \tau_{\text{вф}}. \quad (4)$$

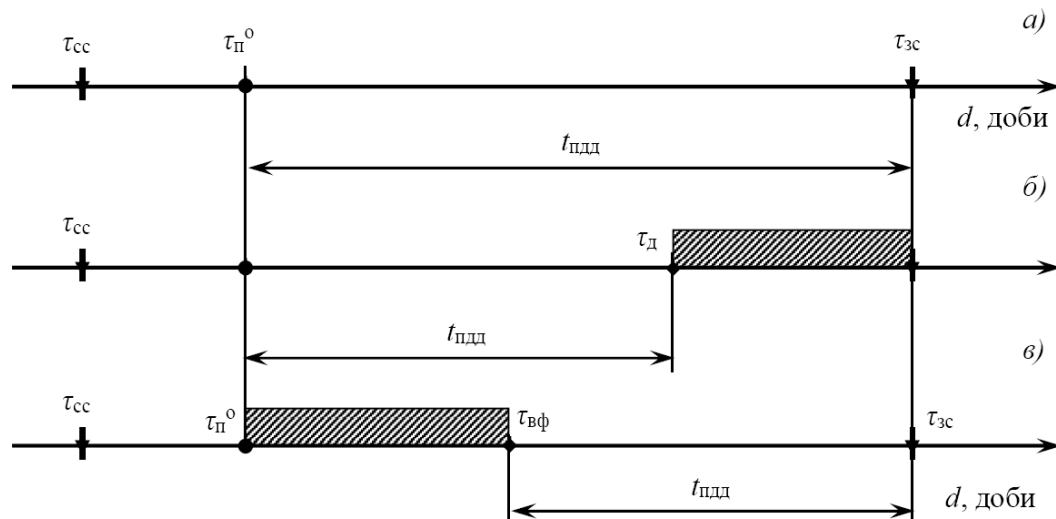


Рис. 1. Графічна інтерпретація методики визначення тривалості природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ: а – доба без дощу; б – доба із дощем; в – доба із відновленням фізичної стиглості ґрунту; $\tau_{сс}$, $\tau_{зс}$ – відповідно час сходу та заходу сонця, год; $\tau_{п}^{\circ}$ – організаційно відкоригований час початку ТП ЗЦБ в розрізі доби, год; $\tau_{д}$ – час випадання дощу в розрізі доби, год; $\tau_{вф}$ – час відновлення фізичної стиглості ґрунту, год

Слід зазначити, що для погожої доби $t_{пдд}$ обмежується тільки двома подіями $\tau_{п}^{\circ}$ та $\tau_{зс}$:

$$t_{пдд} = \tau_{зс} - \tau_{п}^{\circ}. \quad (5)$$

Для формалізації статистичних закономірностей $\tau_{д}$ опрацьовано результати пасивних спостережень Вол.-Волинської метеорологічної станції (звітна форма ТСХ-1 та КМ-1) за часом випадання такої кількості опадів, за якої верхні шари (2-10 см) ґрунту переходили у перезволожений стан, а робота бурякозбиральних комбайнів призупинялася. Ці спостереження виконані за відповідними методиками [5], а тому їх результати слід вважати вірогідними. Зокрема, за 45 річними (1971-2016 рр.) даними систематизовано календарні дати та години виникнення опадів, які зумовлювали перезволоження ґрунту полів.

За отриманими значеннями часу $\tau_{д}$ виникнення опадів сформовано варіаційні ряди і опрацьовано за методами математичної статистики, а відтак встановлено статистичні характеристики ймовірнісних величин [6].

Щодо часу $\tau_{вф}$ відновлення фізичної стиглості ґрунту за якого погожі проміжки продовжуються та відновлюється робота бурякозбиральної техніки, то нами прийнято умову, що $\tau_{вф}$ розподілений в межах $0...24^{00}$ год за нормальним законом розподілу із

оцінками математичного сподівання – $\bar{M}[\tau_{\text{вф}}] = 14^{00}$ год.

Відображення у статистичній імітаційній моделі ТП ЗЦБ цих об'єктивно зумовлених подій, як для окремих діб так і для осіннього періоду загалом, дає змогу на підставі багаторазових ітерацій цієї моделі відтворити стохастичний вплив агрометеорологічних умов на $t_{\text{пдд}}$, а відтак і на добову продуктивність бурякозбиральних комбайнів. Виконання таких комп'ютерних експериментів та опрацювання їх результатів дає змогу сформуванню варіаційні ряди емпіричних даних $t_{\text{пдд}}$ та встановити статистичні закономірності зміни цього показника для кожної d -ї доби відповідного календарного періоду.

Отже, для врахування впливу агрометеорологічної складової ТП ЗЦБ зібрано, систематизовано та опрацьовано відповідні дані. Зокрема, опрацьовано звіти спостережень (ТСХ-1, КМ-1) Вол.-Волинської метеорологічної станції за станом верхніх шарів (0-2, 2-10 см) ґрунту (для періоду 45 років – 1971-2016 рр.) та часом і обсягами випадання дощу (для 16 років – 2000-2016 рр.). За отриманими показниками побудовано наступні ряди емпіричних даних (для календарного періоду з 1 вересня до 30 листопада): 1) тривалості ($t_{\text{пдд}}$) природно дозволеного добового фонду часу (рис. 2); 2) часу (τ_d) випадання дощу в розрізі доби (рис. 3).

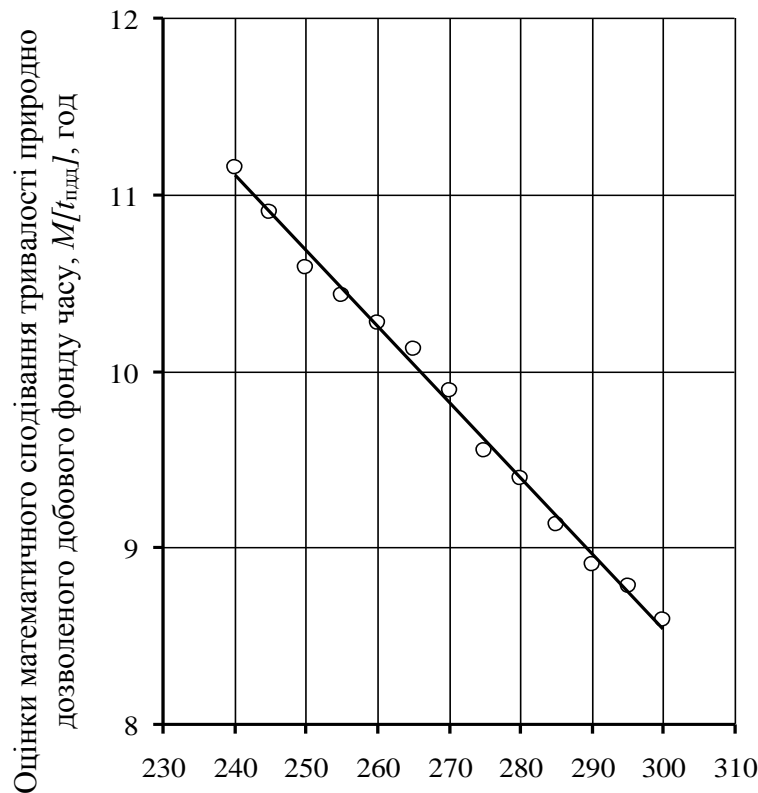


Рис. 2. Закономірність зміни оцінок математичного сподівання тривалості природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ

Використання методів математичної статистики та кореляційно-регресійного аналізу для опрацювання множини показників $t_{\text{пдд}}$ дало змогу обґрунтувати закономірність зміни оцінок їх математичного сподівання ($\bar{M} [t_{\text{пдд}}]$) (рис. 2) для відповідного календарного періоду. Рівняння цієї залежності має вигляд:

$$\bar{M} [t_{\text{пдд}}] = -0,0428 \cdot d + 21,371. \quad (6)$$

Коефіцієнт кореляції $r = -0,995$ підтверджує гіпотезу про обернену кореляційну закономірність.

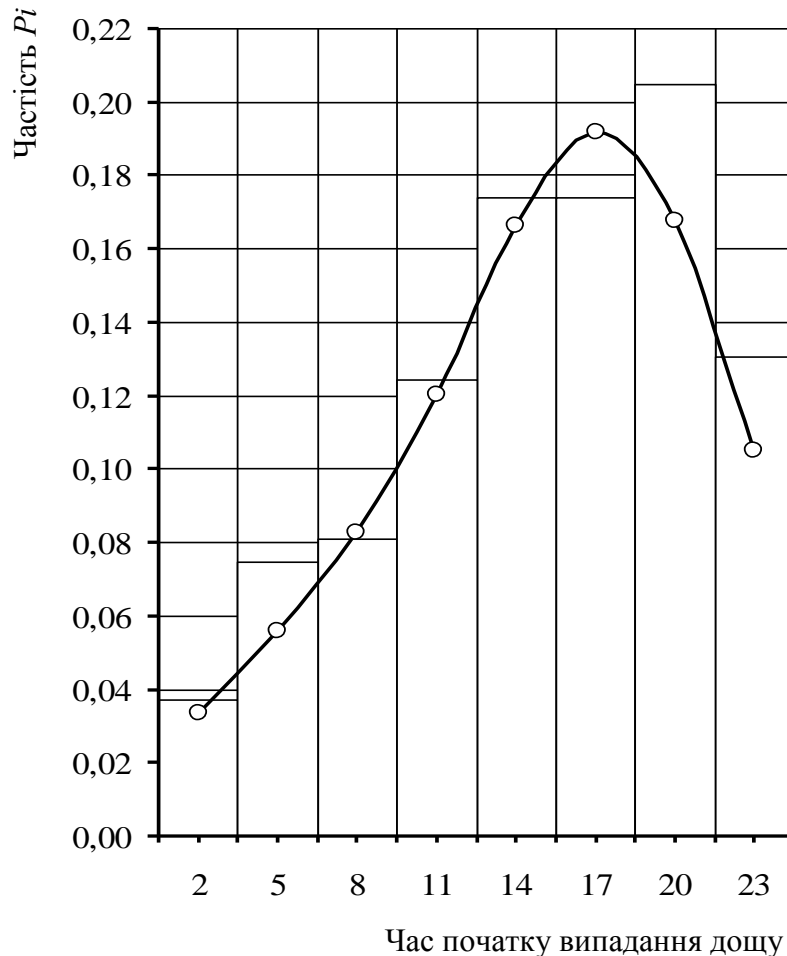


Рис. 3. Розподіл часу початку випадання дощу в розрізі календарних днів осіннього періоду

Щодо часу (τ_d) випадання дощу, то аналіз відповідних емпіричних даних здійснено із використанням методів математичної статистики [6]. Це дало змогу побудувати варіаційні ряди та встановити статистичні характеристики цієї ймовірнісної величини. Зокрема, застосування критерію χ^2 Пірсона за стандартизованими методиками [6] дало змогу обґрунтувати розподіл τ_d (рис. 3), який узгоджується із чотири-параметричним теоретичним законом Лапласа-Шарльє. Диференціальна функція розподілу τ_d має вигляд:



$$f(\tau_{\delta}) = 0,071 \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} \left\{ 1 - 0,0896 \cdot t \cdot (t^2 - 3) - 0,0264 \cdot [t \cdot (t^2 - 2) - 3(t^2 - 1)] \right\}, \quad (7)$$

де t – відносна величина, $t = \frac{\tau_{\delta} - 14,848}{5,591}$.

Головні статистичні характеристики розподілу τ_{δ} наступні: оцінка математичного сподівання – $\bar{M}[\tau_{\delta}] = 14,848$ доба; коефіцієнт варіації – $\nu[\tau_{\delta}] = 0,404$. Довірчий інтервал τ_{δ} становить 1...24 години.

Отже, встановлені закономірності (6-7) доповнюють базу початкових знань для відображення впливу агрометеорологічної складової на часові характеристики виконання ТП ЗЦБ. Це відіграє важливу роль для об'єктивного відображення ТП в статистичній імітаційній моделі, а відтак дає змогу отримати достовірні результати комп'ютерних експериментів для встановлення статистичних закономірностей їх функціональних показників ефективності.

Висновки. Стохастичний вплив агрометеорологічних умов на вологість верхніх шарів ґрунту в осінній період зумовлює вірогідність несвоєчасного виконання ТП ЗЦБ, а відтак виникнення технологічних втрат врожаю коренеплодів цукрових буряків. Опрацювання результатів виробничих спостережень Вол.-Волинської метеорологічної станції за станом верхніх шарів (0-2, 2-10см) ґрунту та часом і обсягами випадання дощу дало змогу встановити те, що оцінки математичного сподівання тривалості природно дозволеного добового фонду часу на виконання ТП ЗЦБ (рис. 2) змінюються за обернено пропорційною лінійною закономірністю у розрізі календарних термінів осіннього періоду. Застосування методів математичної статистики та критерію χ^2 Пірсона дало змогу обґрунтувати розподіл часу початку випадання дощу в розрізі календарних діб осіннього періоду, який узгоджується із чотирипараметричним законом Лапласа-Шарльє і має наступні статистичні характеристики – $\bar{M}[\tau_{\delta}] = 14,848$ доба, $\nu[\tau_{\delta}] = 0,404$. Врахування в статистичній імітаційній моделі ТП ЗЦБ впливу агрометеорологічної складової на їх перебіг дає змогу отримати об'єктивні результати комп'ютерних експериментів, а відтак встановити закономірності зміни функціональних показників ефективності за відповідного технічного забезпечення.

Література

1. Березовецький С. А. Обґрунтування параметрів технічного оснащення технологічних систем збирання озимого ріпаку : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / С. А. Березовецький; ЛНАУ. – Львів, 2017. – 21 с.



2. Булгаков В. М. Теорія бурякозбиральних машин : монографія / В.М. Булгаков. – К: Видавництво НАУ, 2005. – 245 с.
3. Днець В. І. Обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів для сільськогосподарських товаровиробників : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / В. І. Днець; ННЦ "ІМЕСГ". – Глеваха, 2015. – 20 с.
4. Івасюк І. П. Обґрунтування параметрів технологічної системи обробітку ґрунту та сівби озимих культур : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.11 / І. П. Івасюк. – Глеваха, 2013. – 19 с.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам : РД 52.33.217-99. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – Вып. 11, ч. 1: Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Основные агрометеорологические наблюдения. – 320 с. – (Руководящий документ).
6. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим: ГОСТ 11.006-74. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 32 с.
7. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор [та ін.]; за ред. В.В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. – 3-тє вид., виправ., допов. – Львів : Українські технології, 2010. – 1088 с.
8. Рунчев М. С. Организация уборочных работ специализированными комплексами / М. С. Рунчев, Э. И. Липкович, В. Я. Жуков. – М.: Колос, 1980. – 223 с.
9. Спічак В. С. Управління виробничо-технологічним ризиком у проектах збирання цукрових буряків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22 / В. С. Спічак; ЛНАУ. – Львів, 2010. – 23 с.
10. Тимочко В.О. Обґрунтування коефіцієнта погодності для прогнозування добової продуктивності машинно-тракторних агрегатів / В.О. Тимочко, П.М. Луб, Р.І. Падюка // Вісник Львівського НАУ. 2017. – №14. – С. 148-154. – (Агроінженерні дослідження).
11. Шарибура А. О. Управління змістом та часом у проектах з технологічним ризиком (стосовно збирання льону-довгунця) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22 / А. О. Шарибура. – Львів, 2010. – 20 с.
12. Шолудько П. В. Системно-подієві засади планування проектів захисту рослин обприскуванням : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22 / П. В. Шолудько. – Львів, 2011. – 20 с.



АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕН ФОНД ВРЕМЕНИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

В. И. Дуганец, В. Л. Пукас, П. М. Луб

Аннотация

Одним из основных природных факторов, влияющих на своевременность выполнения полевых работ по механизированной технологии возделывания сельскохозяйственных культур являются агрометеорологические условия. Их стохастическое действие и неуправляемость приводит к опозданию выполнения работ по сбору урожая сахарной свеклы, что повышает вероятность возникновения технологических потерь урожая корнеплодов. Поэтому на практике приходится прогнозировать агрометеорологические условия, анализировать состояние почвы и корнеплодов сахарной свеклы, а дальше принимать решение о времени начала и продолжительности выполнения соответствующих работ по уборке урожая. В статье раскрыта методика и представлены результаты исследования влияния агрометеорологических условий осеннего периода на суточный фонд времени для технологических процессов сбора урожая корнеплодов сахарной свеклы. Установление статистических закономерностей продолжительности ($t_{\text{пдд}}$) естественно разрешенного суточного фонда времени на выполнение работ позволило учесть влияние агрометеорологических условий на суточную производительность ($W_{\text{сут}}$) свеклоуборочных комбайнов, а затем отразить в имитационной модели этих процессов объективно обусловленные временные ограничения на их функционирование в осенний период. Установленные в результате исследования закономерности дополняют информационную базу знаний для отражения влияния агрометеорологической составляющей на временные характеристики выполнения работ по уборке сахарной свеклы. Это играет важную роль для объективного отражения технологических процессов в статистической имитационной модели, а затем позволяет получить достоверные результаты компьютерных экспериментов для установления статистических закономерностей их функциональных показателей эффективности. Учет в статистической имитационной модели технологических процессов уборки сахарной свеклы влияния агрометеорологической составляющей на их ход позволяет получить объективные результаты компьютерных экспериментов, а затем установить закономерности изменения функциональных показателей эффективности при соответствующем техническом обеспечении.



AGROMETEOROLOGIC RELATIVE TIME FOUNDATION FOR TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SUGAR BEET HARVESTING

V. Duhanets, V. Pukas, P. Lub

Summary

Agrometeorological conditions are one of the main natural factors that influence the timeliness of fieldwork in mechanized farming. As a case in point, stochastic action and lack of control of the weather conditions can lead to a delay in sugar beet harvesting. Therefore, probability of reduction in crop roots yield increases. As a consequence, in practice, it is necessary to predict agrometeorological conditions, and analyze the state of soil, as well as health of sugar beet plants. The optimal start and duration of the sugar beet harvest have to be based on the evidence found. The article describes the methodology and presents the results of the research on the influence of the agrometeorological conditions in autumn on the technological processes daily capacity in sugar beet harvesting. Determination of the statistical regularities of duration (t_{pdb}) of the daily work time capacity related to natural limitations allowed taking into account the influence of agrometeorological conditions on the daily productivity (W_{sm}) of beet harvesters. Thus, time constraints motivated by objective limitations of harvesting during the autumn period are reflected in the simulation model. Consistent patterns generated from research findings complement the existing knowledge base, in particular, reflecting the influence of the agrometeorological component on the timing on the of sugar beet harvesting. It plays an important role for the objective representation of technological processes in a statistical simulation model, and thus enables obtaining reliable results of computer experiments to establish statistical regularities of their functional performance indicators. Factoring the influence of agrometeorological conditions on the technological processes of sugar beet harvesting in the statistical simulation model allows to obtain objective results of computer experiments, and thus to develop better understanding of the patterns of functional performance indicators in mechanized farming.

Keywords: agrometeorological conditions, time fund, sugar beet harvesting, modeling, technological wastage.