

Бережна Н.Г.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна

E-mail: bereg_nat@ukr.com

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІМОВІРНІСНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ**

УДК 656.073.7

Наведено методичний підхід в розробці математичної моделі логістичних процесів, що відбуваються в логістичній системі транспортного обслуговування збирання цукрового буряку. Запропоновано новий підхід в моделюванні функціонування логістичної системи сільськогосподарських вантажних перевезень із застосуванням математичного апарату систем масового обслуговування. Визначені й описані вантажопоглинаючі і вантажоутворюючі пункти логістичної системи, їх зв'язки і стани.

Ключові слова: логістика, цукровий буряк, продуктивність, моделювання, логістична система, вантажопоглинаючі пункти, вантажоутворюючі пункти, вірогідність, система масового обслуговування

Актуальність проблеми

Економічна ситуація, що склалася в нашій країні, спонукає підприємців і науковців, що працюють в сільськогосподарській галузі, до пошуку нових шляхів удосконалення функціонування ввіреного їм напрямку. Одним із головних завдань для них є – узгодження робочих циклів всіх складових логістичних процесів: виробництво вантажу сільськогосподарським підприємством; накопичення і перевалка вантажу через склад; аналіз, обробка інформації та планування вантажних потоків в логістичному центрі; перевезення вантажу від виробника до споживача з урахуванням пропускної спроможності споживача, при умові виконання в короткі терміни.

Аналіз публікацій, що присвячені даній проблемі

Удосконалення логістичних операцій, процесів і функцій – один із перспективних шляхів розвитку не лише аграрного сектору України, а й інших галузей народного господарства. В порівнянні з досвідом країн Європи і США цей напрям в нашій країні лише набуває обертів. Сучасні науковці знаходяться в пошуку нових пропозицій більш раціонального застосування як транспортних і механічних засобів в процесі виробництва, так і обґрунтованого використання площ під виробництво і складування вантажу, інформаційних і фінансових потоків, ефективної взаємодії усіх учасників цих процесів. Актуальність реалізації логістичного підходу для вітчизняних агропідприємств обґрунтовано наведено в роботах [1, 2].

Оптимізацією параметрів конфігурації парку автомобілів, під час централізованого звезення цукрових буряків, на підставі імітаційного моделювання транспортного процесу, запропонували в своїй роботі автори [3]. Принцип, запропонований ними, базується на залежності кількості заявок, що надійшли від виробників цукрового буряку, від площі посіву культури. Наведені моделі не враховують виробничу спроможність цукрового заводу, а це є одним із головних параметрів ритмічної й ефективної роботи усього збирально-транспортного комплексу зі збирання цукрового буряку.

Вирішенням питання підвищення ефективності виробництва сільськогосподарського підприємства за рахунок модернізації технологічної й технічної бази і транспортної логістики займався Ізмайлов А.Ю. [4]. Обґрунтуванням необхідної кількості і складу збирально-транспортного комплексу займалися автори роботи [5]. Але в цих роботах дослідження зводилися до підвищення ефективності функціонування сільськогос-

подарського підприємства за рахунок використання необхідної чисельності і якості транспортних засобів.

Мета дослідження

Розробити структуру логістичної системи вантажних перевезень цукрових буряків від сільськогосподарського підприємства (вантажоутворюючий пункт) до заводу по переробці цукрових буряків (вантажопоглинаючий пункт) з описанням вірогідних характеристик кожного із її учасників.

Методичний підхід в проведенні досліджень

Розробка математичної моделі для вивчення руху матеріальних й інформаційних потоків в логістичному управлінні сільськогосподарським підприємством пов'язана з великою інтенсивністю вантажних потоків, які необхідно виконати в короткі терміни. Основним обмеженням при моделюванні та плануванні вантажних потоків цукрових буряків під час збирання врожаю є номінальна (проектна) продуктивність заводу по переробці цукрових буряків G_3 , т/год, що висуває вимогу узгодження продуктивності всіх складових логістичних ланцюгів з урахуванням ймовірностей затримки (відмов) у обслуговуванні в зазначених вище складових логістичної системи. Тому метою функціонування логістичної системи, а водночас й обмеженням, що накладається на цю систему і буде саме забезпечення максимальної проектної продуктивності заводу з переробки цукрових буряків. Дотримання рівності продуктивності всіх складових логістичної системи забезпечимо управлінням надійністю окремих логістичних ланцюгів та логістичною системою в цілому.

На підставі сформульованої мети функціонування логістичної системи й обмежень, накладених на систему, розроблена структура системи, що досліджується, з підсистемами, що входять до неї.

Структуру логістичної системи переміщення вантажу від виробника (вантажоутворюючий пункт) до споживача (вантажопоглинаючий пункт), наведемо у вигляді схеми, рис. 1.

Враховуючи те, що величини G_i є стохастичними (імовірнісними) величинами, які залежать від ряду факторів і можуть змінюватися протягом часу, до досліджуваного процесу застосуємо математичний апарат систем масового обслуговування (СМО) [6]. Такий підхід дозволить враховувати вірогідність відмови у виконанні заявок на обслуговування, які будуть складатися з затримок у часі. На затримки в обслуговуванні по всіх логістичних ланцюгах будуть впливати різні фактори.

Для опису взаємодій різних типів транспортних засобів з виробником вантажу, складом і логістичним центром у складі виробника, можна використовувати різні типи СМО або їх комбінації, огляд яких подано в роботах [6, 7].

Імовірнісне моделювання для різних початкових умов та прийнятих обмеженнях на завантаження логістичної системи, дозволить скоротити кількість простоїв і затримок при виконанні операцій складування, транспортування, навантажувально-розвантажувальних робіт на кожній ділянці технологічного процесу збирання та транспортування цукрових буряків.

Запропонований у роботі підхід до моделювання процесів вантажних перевезень під час збирання цукрових буряків ґрунтується на розгляді вантажоутворюючих і вантажопоглинаючих пунктів [7]. Розподіл учасників логістичної системи по запропонованому принципу наведено в таблиці 1.

Уявімо модельовану логістичну систему вантажоперевезень у вигляді повнозв'язного графа станів [6], вузлами якого є всі перераховані вище вантажоутворюючі і вантажопоглинаючі пункти. При цьому передбачається наявність зв'язку між усіма вантажоутворюючими і вантажопоглинаючими пунктами.

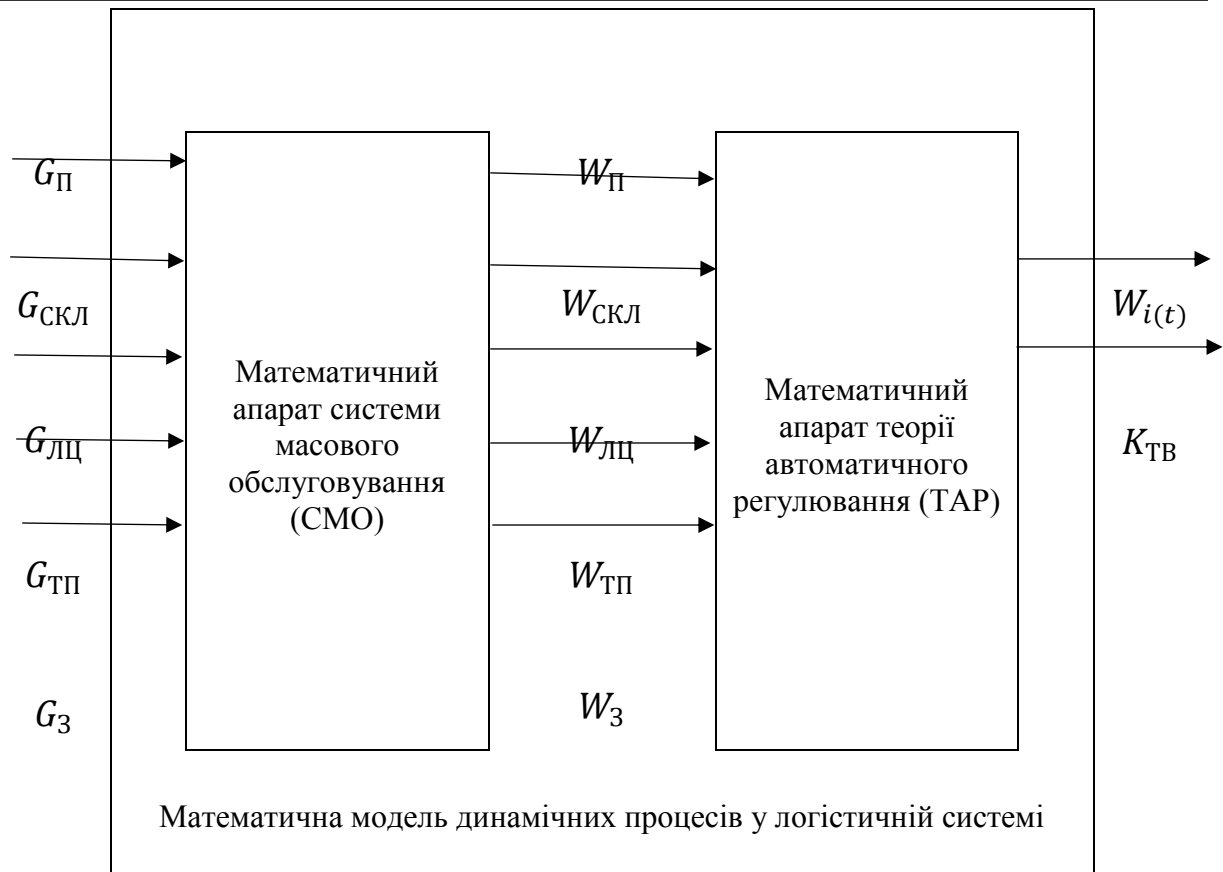


Рис. 1. Структура логістичної системи:

$G_{П}$ – продуктивність сільськогосподарського підприємства; $G_{СКЛ}$ – продуктивність складу; $G_{ЛЦ}$ – продуктивність логістичного центру у складі підприємства; $G_{ТП}$ – продуктивність транспортного підприємства; $G_{З}$ – продуктивність заводу з переробки вантажу; $W_{П}$ – обсяг вантажу, вироблений підприємством; $W_{СКЛ}$ – обсяг вантажу, який перероблений складом; $W_{ЛЦ}$ – обсяг переробки заявок на транспортне обслуговування в логістичному центрі; $W_{ТП}$ – обсяг перевезення вантажу транспортним підприємством; $W_{З}$ – обсяг переробки вантажу цукровим заводом, $K_{ТВ}$ – коефіцієнт технічного використання.

Таблиця 1

Характеристика учасників логістичної системи

Вантажоутворюючі пункти		Вантажопоглинаючі пункти	
Назва учасника	Характеристика учасника	Назва учасника	Характеристика учасника
Господарство по вирощуванню цукрових буряків	Бурякозбиральні комбайни із сумарною продуктивністю $G_{П}$, т/год	Транспортне підприємство	Автомобільний парк різної вантажопідйомності, що здійснює доставку вантажу на цукровий завод. Його сумарна продуктивність дорівнює $G_{ТП}$, т/год.
Склад, у вигляді відкритого перевалочного майданчика	Зберігається 2-3 денний запас цукрових буряків; працює 1-2 навантажувача для завантаження автомобілів. Сумарна продуктивність навантажувачів $G_{СКЛ}$, т/год.	Цукровий завод	Приймає цукрові буряки для переробки. Його розрахункова проектна потужність складає $G_{З}$, т/год
Логістичний центр	Управління матеріальними та інформаційними потоками. Складається із засобів зв'язку і засобів обробки інформації, їх продуктивність – це кількість оброблених і переданих заявок на перевезення вантажу в одиницю часу і складає $G_{ЛЦ}$, т/год		

Загальну схему багатоканальної системи масового обслуговування представимо у

вигляді графа станів, рис. 2, де суцільними стрілками позначимо рух матеріальних потоків G , т/год., а пунктирними – рух інформаційних потоків G , т/год.

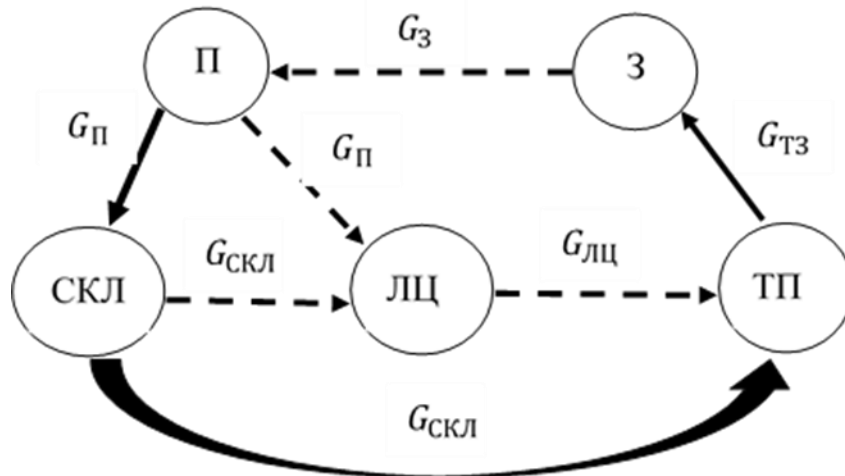


Рис. 2. Загальна схема багатоканальної системи масового обслуговування:
 П – виробник вантажу; СКЛ – склад; ЛЦ – логістичний центр; ТП – транспортне підприємство;
 З – завод з переробки вантажу (цукрових буряків).

Розглядаючи загальну схему багатоканальної СМО, яка представлена на рис. 2, як граф станів системи і застосовуючи до неї правило Колмогорова, сутність якого викладена в роботі [6], напишемо систему диференціальних рівнянь, яка характеризує ймовірність станів даної системи:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_3}{dt} &= -G_3 p_3 + G_{ТЗ} p_{ТЗ}, \\ \frac{dp_П}{dt} &= -2G_П p_П + G_3 p_3, \\ \frac{dp_{СКЛ}}{dt} &= -2G_{СКЛ} p_{СКЛ} + G_П p_П, \\ \frac{dp_{ЛЦ}}{dt} &= -G_{ЛЦ} p_{ЛЦ} + G_{СКЛ} p_{СКЛ} + G_П p_П, \\ \frac{dp_{ТЗ}}{dt} &= -G_{ТЗ} p_{ТЗ} + G_{ЛЦ} p_{ЛЦ} + G_{СКЛ} p_{СКЛ}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де p_3 – ймовірність того, що завод готовий до прийому цукрових буряків; черзі на заводі немає;

$p_П$ – ймовірність того, що підприємство виробляє вантаж (йде збирання цукрових буряків);

$p_{СКЛ}$ – ймовірність того, що на складі виробника є запас вантажу (цукрових буряків);

$p_{ЛЦ}$ – ймовірність того, що логістичний центр обробляє заявки на перевезення вантажу;

$p_{ТЗ}$ – ймовірність того, що транспортні засоби перевозять вантаж.

Основною умовою – обмеженням, що накладається при вирішенні даної системи рівнянь, є відсутність на заводі черги на приймання вантажу, тобто завод готовий прийняти вантаж.

Отже, в початковий момент часу при $t=0$, $p_3=1$, а решта $p_i=0$.

В результаті таких умов систему диференціальних рівнянь (1) можна переписати у вигляді системи лінійних рівнянь:

$$t_3 \quad (2)$$

Виразимо всі ймовірності станів даної логістичної системи через ймовірність очікування заводом вантажу, p_3 :

- ймовірність виробництва вантажу підприємством:

$$p_{\Pi} = \frac{G_3}{2G_{\Pi}} p_3, \quad (3)$$

- ймовірність знаходження запасу вантажу на складі підприємства:

$$p_{СКЛ} = \frac{G_{\Pi}}{2G_{СКЛ}} \cdot \frac{G_3}{2G_{\Pi}} p_3 = \frac{G_3}{4G_{СКЛ}} p_3 \quad (4)$$

- ймовірність обробки заявок у логістичному центрі:

$$p_{ЛЦ} = \frac{3G_3}{4G_{ЛЦ}} p_3, \quad (5)$$

- ймовірність перевезення вантажу транспортними засобами:

$$p_{ТЗ} = \frac{G_3}{G_{ТЗ}} p_3. \quad (6)$$

У початковий момент часу сума всіх ймовірностей станів логістичної системи дорівнює одиниці:

$$p_3 + p_{\Pi} + p_{СКЛ} + p_{ЛЦ} + p_{ТЗ} = 1, \quad (7)$$

Підставивши у рівність (7) вирази ймовірностей (3) – (6) і винісши p_3 за дужки, можна отримати вираз для визначення p_3 :

$$p_3 = \left(1 + \frac{G_3}{G_{ТЗ}} + \frac{G_3}{2G_{\Pi}} + \frac{G_3}{4G_{СКЛ}} + \frac{3G_3}{4G_{ЛЦ}} \right)^{-1}, \quad (8)$$

Отримані формули (3)–(6), (8) дозволяють визначити ймовірності знаходження логістичної системи в робочому стані.

Доповнимо представлену схему багатоканальної системи масового обслуговування, рис. 2, відповідними розгалуженими каналами обслуговування по кожній складовій.

Розглянемо N – каналну СМО транспортного підприємства з можливими відмовами в обслуговуванні і представимо її, як показано на рис. 3.

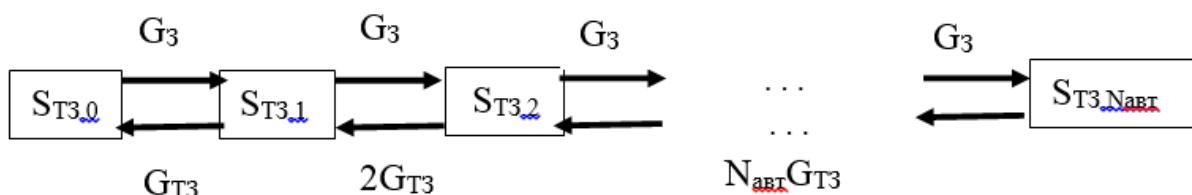


Рис. 3. Граф станів СМО транспортного підприємства

Для графа станів на рис. 3 введемо наступні позначення:

$S_{T3,0}$ – всі транспортні засоби вільні або очікують заявки;

$S_{T3,1}$ – зайнятий один автомобіль, інші вільні;

$S_{T3,2}$ – зайнято два автомобіля, інші вільні;

$S_{T3,N_{авт}}$ – зайняті всі $N_{авт}$.

Отже, при надходженні заявок на обслуговування більше, ніж $N_{авт}$, наприклад ($N_{авт}+1$), відбудеться відмова в обслуговуванні.

По стрілках зліва направо систему переводить один і той же потік заявок на автомобілі, які можна оцінити продуктивністю заводу G_3 , т/год.

По стрілках справа наліво відбувається потік обслуговування заявок з продуктивністю $G_{T3,i}$, т/год. Якщо в обслуговуванні бере участь $N_{авт}$, то продуктивність обслуговування дорівнює $N_{авт} * G_{T3,i}$, т/год.

Застосовуючи правило Колмогорова [6] для графа станів на рис. 3, напишемо систему диференціальних рівнянь ймовірностей станів даної системи:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_{T3,0}}{dt} &= -G_3 p_{T3,0} + G_{T3} p_{T3,1}, \\ \frac{dp_{T3,1}}{dt} &= -G_3 p_{T3,1} - G_{T3} p_{T3,1} + G_3 p_{T3,0} + 2G_{T3} p_{T3,2}, \\ &\dots \\ \frac{dp_{T3, N_{авт}}}{dt} &= -N_{авт} G_{T3} p_{T3, N_{авт}} + G_3 p_{T3, N_{авт}-1}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Початкові умови для записаної системи рівнянь (9) наступні. У початковий момент часу при $t = 0$ всі транспортні засоби знаходяться в очікуванні замовлення. Отже:

$$p_{T3,0} = 1, p_{T3,1} = p_{T3,2} = \dots = p_{T3, N_{авт}} = 0, \quad (10)$$

Застосовуючи умову (10) можна систему диференціальних рівнянь (9) перетворити в систему лінійних рівнянь, перенісши негативні члени в ліву частину і вирішити її виразивши все ймовірності через $p_{T3,0}$, як було виконано вище, для системи на рис. 2.

В результаті проведених перетворень були отримані наступні вирази:

$$p_{T3,0} = \left(1 + \frac{G_3}{G_{T3,i} 1!} + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{T3,i}}\right)^2}{2!} + \dots + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{T3,i}}\right)^{N_{авт}}}{N_{авт}!} \right)^{-1}, \quad (11)$$

$$p_{T3,1} = \frac{G_3}{G_{T3,i} 1!} p_{T3,0}, \quad (12)$$

$$p_{T3,2} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{T3,i}}\right)^2}{2!} p_{T3,0}, \quad (13)$$

$$P_{T3, N_{авт}} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{T3,i}}\right)^{N_{авт}}}{N_{авт}!} P_{T3,0} \quad (14)$$

У випадку зайнятості всіх $N_{авт}$ в транспортному підприємстві, заявка на перевезення вантажів отримує відмову. Отже, ймовірність відмови в транспортному обслуговуванні дорівнює:

$$P_{відм, T3} = P_{T3, N_{авт}} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{T3,i}}\right)^{N_{авт}}}{N_{авт}!} P_{T3,0} \quad (15)$$

Результати досліджень

Знаючи ймовірність відмови в транспортному обслуговуванні $P_{відм, T3}$, формула (15), можна отримати вираз для визначення обсягу перевезеного вантажу в тонах транспортним підприємством:

$$W_{T3} = \sum_{i=1}^{N_{авт}} G_{T3,i} t_{T3} (1 - P_{відм, T3}), \text{ т,} \quad (16)$$

де t_{T3} – час роботи транспортного засобу в годинах.

Використовуючи розроблений методологічний підхід для визначення продуктивності транспортного підприємства, можна отримати вирази для визначення продуктивності всіх учасників системи масового обслуговування.

Для складу у структурі виробника, що має декілька навантажувачів (каналів обслуговування) $N_{наван}$, формули (11) і (14) перепишемо в такому вигляді.

Ймовірність очікування складом заявок на обслуговування $P_{СКЛ,0}$ і ймовірність зайнятих на складі каналів обслуговування $P_{СКЛ, N_{наван}}$:

$$P_{СКЛ,0} = \left(1 + \frac{G_3}{G_{СКЛ,i} 1!} + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{СКЛ,i}}\right)^2}{2!} + \dots + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{СКЛ,i}}\right)^{N_{наван}}}{N_{наван}!} \right)^{-1}, \quad (17)$$

$$P_{СКЛ, N_{наван}} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{СКЛ,i}}\right)^{N_{наван}}}{N_{наван}!} P_{СКЛ,0} \quad (18)$$

При цьому ймовірність відмови в обслуговуванні складом дорівнює:

$$P_{відм, СКЛ} = P_{СКЛ, N_{наван}} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{СКЛ,i}}\right)^{N_{наван}}}{N_{наван}!} P_{СКЛ,0} \quad (19)$$

Обсяг вантажу, який перероблений складом, виражається формулою:

$$W_{СКЛ} = \sum_{i=1}^{N_{наван}} G_{СКЛ,i} t_{СКЛ} (1 - p_{відм,СКЛ}), \text{ Т,} \quad (20)$$

де $t_{СКЛ}$ – час роботи складу в годинах.

Для логістичного центру, який має декілька каналів обслуговування $N_{ЛЦ}$, імовірність очікування логістичним центром заявок на обслуговування $p_{ЛЦ,О}$ і імовірність зайнятості в логістичному центрі всіх каналів обслуговування $p_{ЛЦ,N_{ЛЦ}}$:

$$p_{ЛЦ,О} = \left(1 + \frac{G_3}{G_{ЛЦ,i}} \frac{1}{1!} + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{ЛЦ,i}}\right)^2}{2!} + \dots + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{ЛЦ,i}}\right)^{N_{ЛЦ}}}{N_{ЛЦ}!} \right)^{-1}, \quad (21)$$

$$p_{СКЛ,N_{ЛЦ}} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{ЛЦ,i}}\right)^{N_{ЛЦ}}}{N_{ЛЦ}!} p_{ЛЦ,О}. \quad (22)$$

Імовірність відмови в обслуговуванні логістичним центром дорівнює:

$$p_{відм,ЛЦ} = p_{ЛЦ,N_{ЛЦ}} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{ЛЦ,i}}\right)^{N_{ЛЦ}}}{N_{ЛЦ}!} p_{ЛЦ,О}. \quad (23)$$

Обсяг вантажу, який перероблений логістичним центром, виражається формулою:

$$W_{ЛЦ} = \sum_{i=1}^{N_{ЛЦ}} G_{ЛЦ,i} t_{ЛЦ} (1 - p_{відм,ЛЦ}), \text{ Т,} \quad (24)$$

де $t_{ЛЦ}$ – час роботи логістичного центру в годинах, годину.

Для виробника вантажу (сільськогосподарське підприємство з вирощування та збирання цукрових буряків), що має декілька одночасно працюючих комбайнів (каналів обслуговування) N_K , імовірність очікування роботи комбайнів $p_{П,О}$ і ймовірність зайнятості всіх комбайнів $p_{П,N_K}$ дорівнює:

$$p_{П,О} = \left(1 + \frac{G_3}{G_{П,i}} \frac{1}{1!} + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{П,i}}\right)^2}{2!} + \dots + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{П,i}}\right)^{N_K}}{N_K!} \right)^{-1}, \quad (25)$$

$$P_{\Pi, N_K} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{\Pi, i}}\right)^{N_K}}{N_K!} P_{\Pi, 0} \cdot \quad (26)$$

Ймовірність відмови підприємства в постачанні вантажу на склад дорівнює:

$$P_{\text{відм,}\Pi} = P_{\Pi, N_K} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{\Pi, i}}\right)^{N_K}}{N_K!} P_{\Pi, 0} \cdot \quad (27)$$

Обсяг вантажу, вироблений підприємством виражається формулою:

$$W_{\Pi} = \sum_{i=1}^{N_K} G_{\Pi, i} t_{\Pi} (1 - p_{\text{відм,}\Pi}), \text{ т,} \quad (28)$$

де t_{Π} – час роботи підприємства в годинах, годину.

Для заводу з переробки цукрових буряків, що має кілька пунктів прийому автомобілів з вантажем (каналів обслуговування) N_3 , імовірність очікування (відсутність) вантажу $p_{3,0}$ і ймовірність зайнятості всіх каналів обслуговування одночасно p_{3, N_3} , виражаються формулами:

$$p_{3,0} = \left(1 + \frac{\frac{G_3}{G_{3,i}}}{1!} + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{3,i}}\right)^2}{2!} + \dots + \frac{\left(\frac{G_3}{G_{3,i}}\right)^{N_3}}{N_3!} \right)^{-1}, \quad (29)$$

$$p_{3, N_3} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{3,i}}\right)^{N_3}}{N_3!} p_{3,0} \cdot \quad (30)$$

Ймовірність відмови заводу в прийманні вантажу дорівнює:

$$P_{\text{відм,3}} = p_{3, N_3} = \frac{\left(\frac{G_3}{G_{3,i}}\right)^{N_3}}{N_3!} p_{3,0} \cdot \quad (31)$$

Обсяг вантажу прийнятий заводом по переробці цукрових буряків виражається формулою:

$$W_3 = \sum_{i=1}^{N_3} G_{3,i} t_3 (1 - p_{\text{відм,3}}), \text{ т,} \quad (32)$$

де t_3 – час роботи заводу в годинах, годину.

Висновки

1. Обґрунтовано методичний підхід в розробці математичної моделі логістичних процесів вантажоперевезень при збиранні і транспортуванні цукрових буряків. В основу методичного підходу покладено системний аналіз, який дозволяє складну систему представити у вигляді взаємопов'язаних підсистем, а для отримання математичної моделі, у досліджуваній системі, застосувати математичний апарат системи масового обслуговування.

2. Виконано імовірнісне моделювання логістичної системи вантажних перевезень, як багатоканальної системи масового обслуговування. Отримано вирази для визначення ймовірності виконання заявок на обслуговування, а також ймовірності відмов в обслуговуванні всіх складових логістичної системи. Це дозволило отримати розрахункові формули для визначення продуктивності всіх складових логістичної системи, які є вхідним сигналом для моделювання динаміки перехідних процесів у досліджуваній системі.

Література

1. Сумець О.М. Логістична система підприємства АПК: визначення, аналогова модель функціонування, основні завдання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/V-Harkivskogo-NAU/V-Harkivskogo-NAU_ekonom/2013-5/PDF/23.pdf
2. Кравцов А.Г. Аналіз перспектив впровадження логістичних підходів у сфері АПК // Вісн. Харк. нац. ун-ту сільського господарства ім. Петра Василенка «Системотехніка і технології лісового комплексу. Транспортні технології». – Вип. 136. – Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2013. – с. 272–278.
3. Сидорчук О.В. Характеристика проектного середовища в системі централізованого зв'язування цукрових буряків / О.В. Сидорчук, В.М. Боярчук, Р.Є. Кригуль // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: интегрированное стратегическое управление, управление проектами и программами Vol 1, №2 (43) – 2010. – с. 43–45.
4. Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение логистики в технологиях производства сельскохозяйственной продукции: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Измайлов А.Ю., НАН России. – Москва, 2007. – 37 с.
5. Музылев Д.А. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов / Д.А. Музылев, А.Г. Кравцов, Н.В. Карнаух, Н.Г. Бережная, О.В. Кутья // Восточно-Европейский журнал передовых технологий Vol 2, №3 (80) – 2016. – с. 11-21.
6. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: «Советское радио», 1972. – 552 с.
7. Попов А.В. Вероятностное моделирование системы грузоперевозок / А.В. Попов, Е.Р. Обрезанова, Е.Ю. Синебрюхова // Радиоелектронні і комп'ютерні системи №1 (53) – 2012. – с. 144–151.

Summary

Berezhnaya N. Mathematical model of probabilistic modeling processes of transportation services for the harvesting of sugar beet.

Methodical approach in developing mathematical models of logistic processes occurring

in the logistics system of transport service of the harvesting of sugar beet. A new approach in the modeling of the functioning of the logistics system of agricultural cargo transportation with use of mathematical apparatus of Queuing systems. Defined and described freightabsorptive and freightformative items of the logistics system, their relationship and status.
Keywords: *logistics, sugar beet, productivity, simulation, logistic system, freightabsorptive items, freightformative items, probability, queueing system*

References.

1. Sumets' O.M. Lohistychna systema pidpryyemstva APK: vyznachennya, analohova model' funktsionuvannya, osnovni zavdannya [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/V-Harkivskogo-NAU/V-Harkivskogo-NAU_ekonom/2013-5/PDF/23.pdf
2. Kravtsov A.H. Analiz perspektiv vprovadzhennya lohistychnykh pidkhodiv u sferi APK // Visn. Khark. nats. un-tu sil's'koho hospodarstva im. Petra Vasylenka «Systemotekhnika i tekhnolohiyi lisovoho kompleksu. Transportni tekhnolohiyi». – Vyp. 136. – Kh.: KhNTUS-H im. Petra Vasylenka, 2013. – s. 272–278.
3. Sydorhuk O.V. Kharakterystyka proektnoho seredovyscha v systemi tsentralizovanoho zvezennya tsukrovyykh buryakiv / O.V. Sydorhuk, V.M. Boyarchuk, R.Ye. Kryhul' // Vostochno-Evropeyskyy zhurnalпередовых tekhnolohyy: yntehryrovannoe stratehicheskoe upravlenye, upravlenye proektamy u prohrammamy Vol 1, #2 (43) – 2010. – s. 43–45.
4. Yzmaylov A.Yu. Tekhnicheskoe obespechenye lohistyky v tekhnolohyyakh proyzvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsyy: avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.20.01 / Yzmaylov A.Yu., NAN Rossyy. – Moskva, 2007. – 37 s.
5. Muzylev D.A. Razrabotka metodyky vybora uslovyy vzaymodeystviya zernouborochnoho y transportnoho kompleksov / D.A. Muzylev, A.H. Kravtsov, N.V. Karnaukh, N.H. Berezhnaya, O.V. Kut'ya // Vostochno-Evropeyskyy zhurnal передовых tekhnolohyy Vol 2, #3 (80) – 2016. – s. 11-21.
6. Venttsel' E.S. Yssledovanye operatsyy / E.S. Venttsel'. – M.: «Sovet'skoe radyo», 1972. – 552 s.
7. Popov A.V. Veroyatnostnoe modelyrovanye systemy hrupoperevozok / A.V. Popov, E.R. Obrezanova, E.Yu. Synebryukhova // Radioelektronni i komp'yuterni systemy #1 (53) – 2012. – s. 144–151.