

УДК 658.631.3

DOI: 10.15587/1729-4061.2019.171052

Дослідження впливу виробничих умов на зміст робіт у логістичних системах заготівлі молока

А. М. Тригуба, Н. В. Павліха, М. В. Рудинець, І. Л. Тригуба, В. В. Грабовець, М. М. Скалига, І. О. Цимбалюк, Н. Л. Хомюк, В. І. Федорчук-Мороз

Розроблено алгоритм узгодження змісту та часу виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока з виробничими умовами. Обґрунтовано доцільність виконання одинадцяти управлінських операцій, що забезпечують узгодження заготівельно-транспортних робіт з добовими обсягами надходження молока-сировини у пункти його заготівлі. Проведені дослідження базуються на імітаційному моделюванні виконання заготівельно-транспортних робіт з різним їх змістом та врахування мінливості виробничих умов.

На підставі імітаційного моделювання виконання робіт у логістичній системі заготівлі молока із врахуванням мінливості виробничих умов та можливих варіантів змісту робіт виконано прогнозування їх функціональних показників в окремі періоди календарного року. Обґрунтовано, що із зростанням кількості робіт щодо заготівлі молока зростають кількісні значення показників виконання цих робіт та зменшується кількісні значення показників виконання транспортних робіт.

За результатами досліджень встановлено, що впродовж календарного року у заданій логістичній системі заготівлі молока зміст виконання заготівельно-транспортних робіт та виробничі умови значно впливають на показники цих робіт. Також обґрунтовано попередній висновок, що із зростанням кількості робіт щодо заготівлі молока зростають кількісні значення показників виконання цих робіт та зменшується кількісні значення показників виконання транспортних робіт. Зокрема, що кількісне значення цих показників впродовж календарного року змінюється у 1,2...3 рази. Це пояснюється зміною обсягів заготівлі молока впродовж календарного року. Отримані результати вказують на доцільність щодобового узгодження змісту виконання транспортних робіт із виробничими умовами у заданій логістичній системі заготівлі молока

Ключові слова: планування, зміст робіт, заготівля молока, логістичні системи, якість управління

1. Вступ

У вирішенні проблеми забезпечення населення якісними продуктами харчування важливе значення має забезпечення раціону харчування людей молоком та молочними продуктами. Дотримання стандартів якості виробництва молочних продуктів України та Європейського Союзу [1, 2], потребує

прийняття та реалізації ефективних управлінських рішень в процесах планування й організації логістичних систем заготівлі молока (ЛСЗМ).

В сучасних умовах не вирішеними залишаються питання узгодження заготівельно-транспортних робіт (ЗТР) у ЛСЗМ із добовими обсягами надходження молока-сировини у пункти його заготівлі (ПЗ). Дане питання належить до задач оперативного планування змісту та часу виконання ЗТР у ЛСЗМ та має свої особливості. При цьому інструментарій виконання таких робіт є недосконалим. Тому розробка відповідної методики та алгоритму комп'ютерних програм виконання ЗТР у ЛСЗМ є актуальною і необхідною для врахування мінливості виробничих умов цих логістичних систем. Для покращення техніко-економічних показників ефективності функціонування ЛСЗМ актуальним є обґрунтування можливих варіантів змісту та часу виконання відповідних ЗТР.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Вирішенню управлінських задач у складних організаційно-технічних системах різних галузей народного господарства присвячено багато наукових робіт. Зокрема, в роботах [3, 4] доведено, що прийняття управлінських рішень у внутрішньо-організаційних умовах підприємств є дещо іншими порівняно із системними рішеннями, які стосуються множини об'єктів, розосереджених на окремих територіях. Це свідчить про те, що зміст робіт у ЛСЗМ для множини ПЗ, розосереджених у заданій адміністративній території, слід узгоджувати з виробничими умовами системно, з єдиного центру. Таким центром у переважній більшості є молокопереробні цехи (МЦ), у яких, зокрема, розв'язуються і управлінські задачі щодо функціонування ЛСЗМ. У роботах [4, 5] зазначається, що для підвищення ефективності діяльності логістичних систем у різних галузях слід розробляти свої моделі, методи та інструментальні засоби, які враховуватимуть їх особливості. У роботах [6, 7] – що основою ефективності функціонування логістичних систем є дослідження їх на рівні окремих операцій (робіт). Однак запропоновані у вище зазначених працях наукові результати неможливо використати у ЛСЗМ. Це пов'язано із тим, що ними не враховуються особливості мінливості обсягів заготівлі молока та їх сезонності. Окрім того, кожна із адміністративних територій має свою специфічну мережу доріг різних категорій і стану. Що має вагомий вплив на ефективність ЛСЗМ і слід враховувати під час прогнозування показників функціонування виконання робіт у цих системах.

У роботах [8, 9] доведено, що неможливо ефективно планувати діяльність для різних прикладних сфер без використання інструментальних засобів, які базуються на прикладному програмному забезпеченні із використанням ПК. В той же час, у роботах [10, 11] зазначається, що інструментальні засоби для планування повинні враховувати стохастичні процеси, які притаманні системам з мінливими виробничими умовами. Тобто, можна сказати, що вище зазначені наукові роботи є важливими для теорії управління окремими системами. Однак у них запропоновано інструментальні засоби, які неможливо використати у ЛСЗМ. Це пов'язано із тим, що ними не враховуються особливості технології

виконання робіт щодо заготівлі молока, які зумовлюють зміст цих робіт, та специфічні, мінливі виробничі умови.

У роботах [12–14] для визначення показників виконання транспортних робіт пропонується виконувати їх моделювання. Проте, використати отримані у цих роботах результати досліджень для узгодження ЗТР у заданих ЛСЗМ із виробничими умовами неможливо. Це пов'язано із тим, що у вище вказаних роботах не враховується мінливість добових обсягів заготівлі молока на заданій адміністративній території впродовж календарного року та особливості змісту виконуваних робіт. Також, не використовується й імітаційне моделювання, як один із ефективних інструментів прогнозування показників виконання робіт у заданих виробничих умовах.

Зазначений вище недолік усунуто у роботах [15–17], де запропоновано узгоджувати зміст та час виконання робіт із виробничими умовами. При цьому, як інструмент для узгодження змісту та часу виконання робіт із виробничими умовами, використовується імітаційне моделювання. Основним недоліком зазначених наукових праць, на думку авторів, є те, що існуючий інструментарій не враховує мінливості виробничих умов та сезонності заготівлі молока. Це, у свою чергу, знижує якість планування процесів виконання процесів заготівлі молока [18, 19] та, водночас, – внаслідок неефективного планування – якість заготовленого молока [17].

Для адекватного прогнозування виробничих умов ЛСЗМ, а також відображення виконання робіт у них, доцільно використовувати імітаційне моделювання процесів [20]. Однак, для імітаційного моделювання процесів у ЛСЗМ, слід попередньо проводити специфічні дослідження, стосовно обґрунтування показників виробничих умов для окремих адміністративних територій [17]. У роботах [17–19] враховуються мінливі виробничі умови заготівлі молока. Однак їх інструментарій неможливо використати для оперативного планування виконання робіт у ЛСЗМ, бо запропоновані моделі не враховують можливі варіанти щодобового змісту та часу виконання робіт у ЛСЗМ [18].

Отже, як показує аналіз результатів попередніх досліджень інших авторів, можна сказати, що питанням планування у різних сферах діяльності приділено багато уваги. Однак використати існуючий інструментарій для оперативного планування виконання ЗТР у ЛСЗМ неможливо. Це пов'язано із тим, що у більшості згаданих вище робіт не враховано особливості мінливості виробничих умов заготівлі молока та особливості формування змісту виконання робіт у ЛСЗМ. Тобто, на думку авторів, наявні, згадані вище роботи щодо прийняття управлінських рішень у складних організаційно-технічних системах різних галузей дають вагомий внесок у теорію управління. Однак задача щодо впливу мінливості виробничих умов на зміст та час виконання робіт у ЛСЗМ залишилася поза увагою.

У свою чергу, це зумовлює потребу прогнозування мінливості виробничих умов, що вимагає трудомістких розрахунків і, відповідно, використання імітаційного моделювання процесів. Водночас, вирішення задачі оперативного планування у ЛСЗМ неможливе без розробки алгоритму та комп'ютерної

програми. Відповідно останні повинні базуватися на імітаційному моделювання процесів у ЛСЗМ і адекватно відображати мінливість виробничих умов та специфіку виконання робіт. Це забезпечить вирішення актуальної задачі щодо узгодження змісту та часу виконання робіт із мінливістю виробничих умов.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є обґрунтування закономірностей зміни показників виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока за різного їх змісту та із врахуванням впливу мінливості виробничих умов.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- розробити алгоритм узгодження змісту виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока із виробничими умовами;
- обґрунтувати структуру імітаційної моделі виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока;
- кількісно оцінити показники виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока за різного їх змісту із врахуванням впливу мінливості виробничих умов.

4. Алгоритм узгодження змісту виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока із виробничими умовами

На території окремого адміністративного району у ЛСЗМ щодоби виконуються наступні роботи:

- охолодження молока-сировини у ПЗ;
- завантаження автоцистерн у ПЗ;
- оформлення експедиційних документів у ПЗ;
- транспортування молока-сировини;
- розвантаження автоцистерн у МЦ;
- оформлення експедиційних документів у МЦ.

Ефективність виконання ЗТР у ЛСЗМ залежить від їх змісту та часу, що зумовлений добовими обсягами заготівлі молока-сировини на території адміністративного району. При цьому, обсяги заготівлі молока-сировини від окремих молочних ферм є мінливими впродовж календарного року та окремих його діб [18]. Для вирішення задачі узгодження змісту виконання ЗТР із добовими обсягами заготівлі молока-сировини на території окремого адміністративного району розроблено відповідний алгоритм, представлений на рис. 1.

Для формування бази даних про виробничі умови заготівлі молока використовується зовнішня та внутрішня інформація, відносно заданої ЛСЗМ. До зовнішньої інформації належать вимоги чинних стандартів щодо заготівлі молока, характеристики природно-кліматичних умов у зоні заготівлі молока, прогнозовані попит та вартість молочної продукції тощо. До внутрішньої – наявність та територіальне розташування молочних ферм відносно ПЗ у ЛСЗМ, прогнозовані обсяги заготівлі молока у кожному із господарств адміністративного району, характеристики та стан мережі доріг.

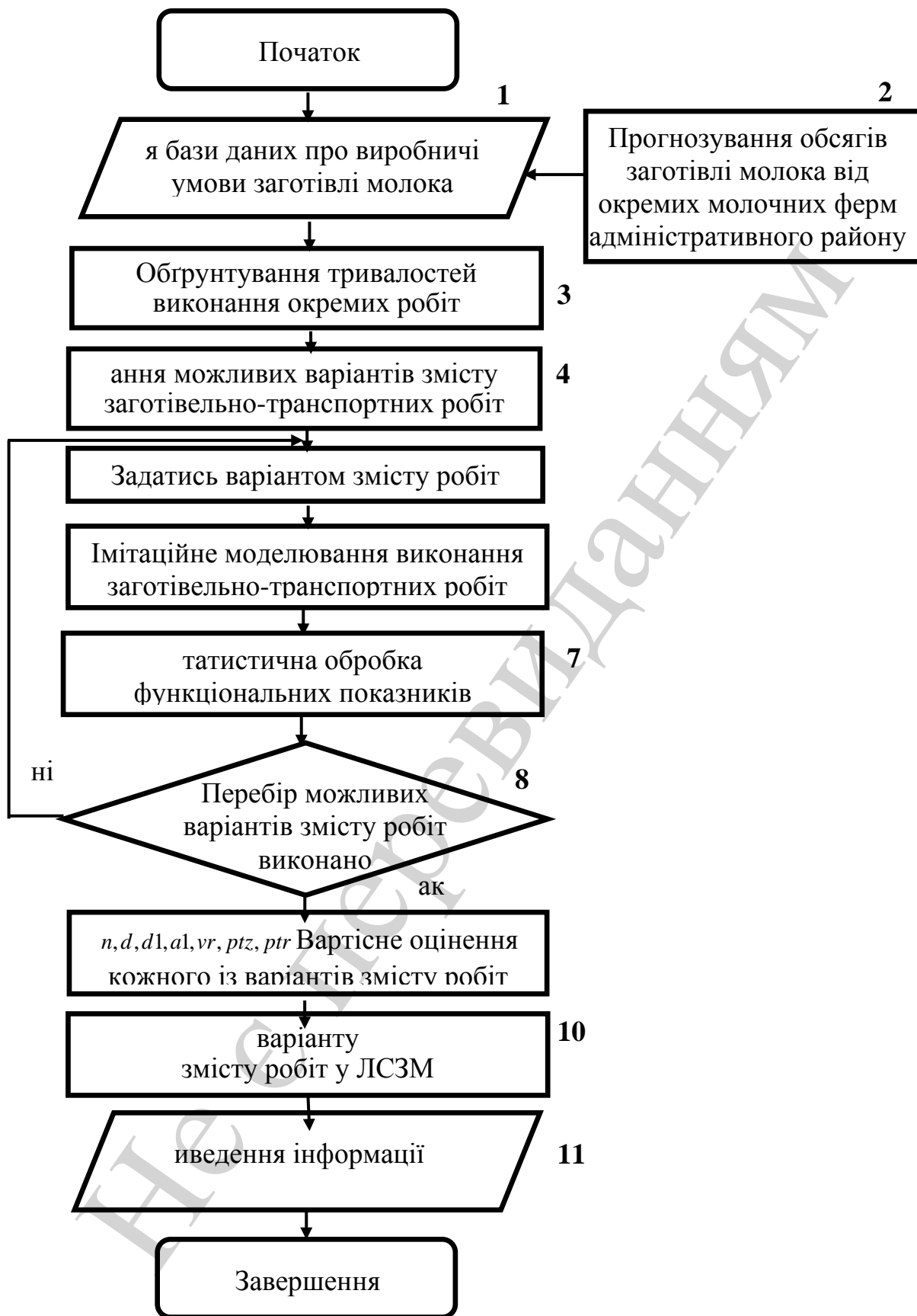


Рис. 1. Алгоритм узгодження змісту виконання робіт у ЛСЗМ із виробничими умовами

Інформація про наявність та територіальне розташування молочних ферм, із яких постачається молоко-сировина у ПЗ, береться із звітної документації МЦ [18]. Інформація щодо обсягів заготівлі молока-сировини від кожної із молочних ферм в окрему добу календарного року, для якої узгоджуються ЗТР, береться у виробників молока. Отримана інформація щодо обсягів заготівлі молока-сировини передається до МЦ, де здійснюється узгодження робіт під час оперативного планування через телекомунікаційну мережу.

Особливістю прогнозування обсягу (Q_d) заготівлі молока в d -ту добу є те, що цей обсяг мінливий і залежить від періоду лактації корів. Період лактації триває від 265 до 435 діб (залежно від породи, віку та продуктивності корів). Період лактації зміщений відносно календарного року для окремих корів, а заготівлю молока здійснюють упродовж цілого календарного року. Однак основний обсяг заготівлі молока припадає на літні місяці, протягом яких інтенсивно використовуються транспортні засоби для виконання ЗТР.

Сумарний обсяг Q_d^i заготівлі молока в d -ту добу від i -го господарства становить:

$$Q^i = \sum_{j=1}^n Q_d^i \cdot z_d \cdot k, \quad (1)$$

де z_d – кількість доїнь корів упродовж d -ї доби; k – коефіцієнт врахування частки молока-сировини, залишеної господарством на власні потреби.

Добові обсяги (Q_d^i) заготівлі молока від окремих господарств є різними і мінливими впродовж календарного року. Маючи значення річного обсягу (Q_{pi}) заготівлі молока від i -х господарств виконується прогнозування добових обсягів (Q_d^i) заготівлі молока за методикою джерела [17]. При цьому річний обсяг (Q_{pi}) заготівлі молока від i -х господарств визначається на підставі статистичних даних, отриманих із звітної документації i -х господарств.

Визначення тривалостей виконання окремих ЗТР виконується на підставі проведення виробничих експериментів у заданій ЛСЗМ [16]. Для цього проводиться фотохронометрування виконання окремих робіт за допомогою секундоміра. За цими даними визнається питома тривалість навантажувально-розвантажувальних робіт для транспортних засобів, наявних у МЦ. Окрім того, здійснюється фіксування відрізків шляху між ПЗ та між ПЗ і МЦ за допомогою спідометра транспортних засобів та тривалість їх руху за допомогою секундоміра. На підставі цих даних визначається середня технічна швидкість руху автоцистерн.

На підставі експериментально отриманих даних в умовах ПАТ «Бродівський ЗСЗМ» (Львівська область, Україна) щодо тривалості окремих транспортно-заготівельних операцій із використанням СА Hyundai HD-65 STD+Г6-ОГА-3,9 побудовано залежності їх тривалостей від добових обсягів (Q_d) заготівлі молока (рис. 2–4).

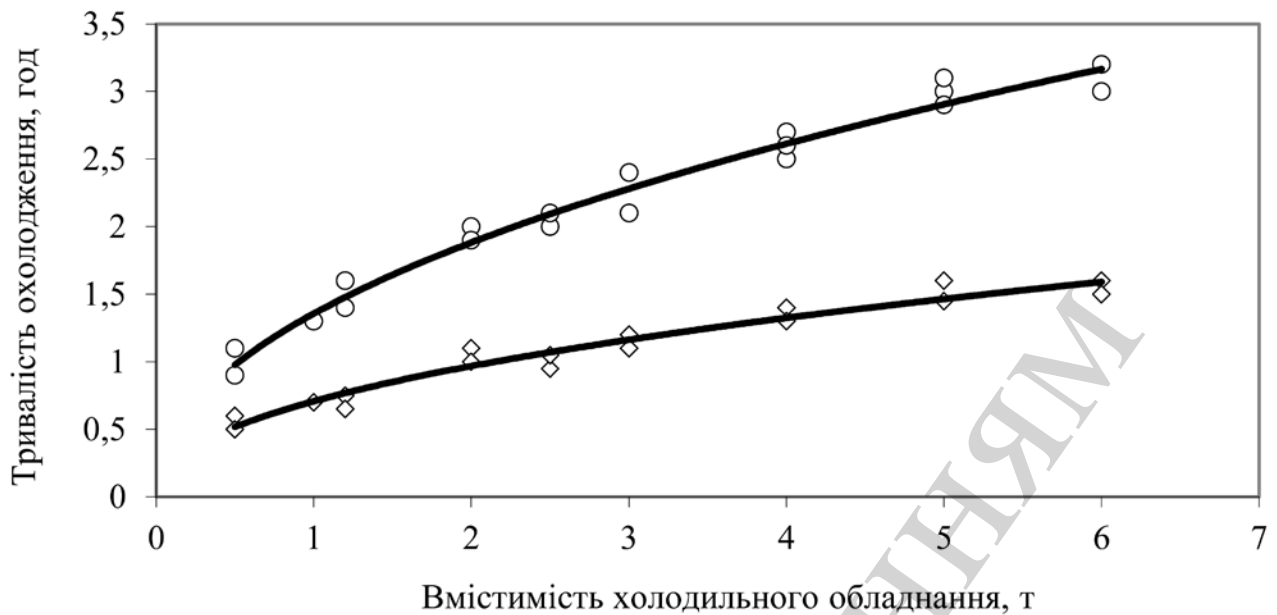


Рис. 2. Залежності тривалості (t_o) охолодження молока-сировини від обсягу ($Q_{x.o}$) його у холодильній установці за першого (1) та другого (2) доїння

Ці залежності тривалості охолодження молока-сировини (t_o) від обсягу його у холодильній установці ($Q_{x.o}$) описуються наступними рівняннями:

– охолодження молока-сировини від першого доїння

$$t_o^1 = 1,355 \cdot Q_{x.o}^{0,473}, \quad r=0,97; \quad (2);$$

– охолодження молока-сировини від другого доїння

$$t_o^2 = 0,707 \cdot Q_{x.o}^{0,452}, \quad r=0,95. \quad (3)$$

Залежності (2), (3) свідчать про те, що із зростанням обсягу молока у холодильній установці пропорційно зростає і тривалість його охолодження. Кореляційні відношення для першого та другого доїнь становлять 0,97 та 0,95 відповідно, що свідчить про безпосередній зв'язок між тривалістю охолодження молока-сировини (t_o) та обсягом його у холодильній установці ($Q_{x.o}$).

На підставі фотохронометрування виконання заготівельно-транспортних робіт встановлено залежності тривалості окремих транспортних операцій із використанням СА Hyundai HD-65 STD+Г6-ОТА-3,9 від добових обсягів ($Q_{\partial i}$) заготівлі молока (рис. 3–4).

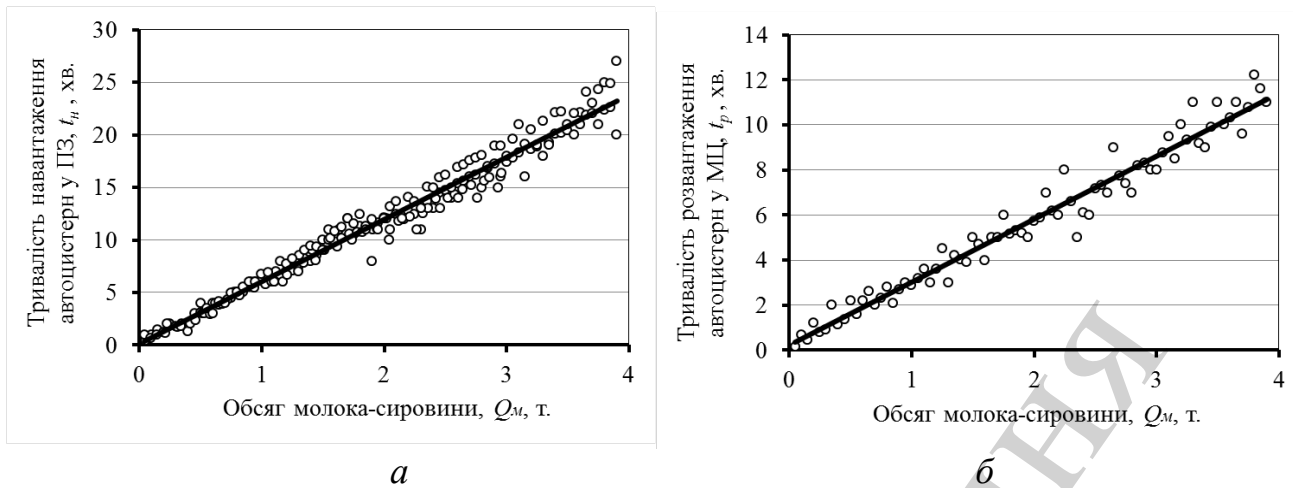


Рис. 3. Залежності тривалості навантаження у ПЗ (а) та розвантаження у МЦ (б) СА Hyundai HD-65 STD+Г6-ОТА-3,9 від добових обсягів (Q_M) заготівлі молока



Рис. 4. Залежності тривалості (t_m) транспортування молока-сировини СА Hyundai HD-65 STD+Г6-ОТА-3,9 від віддалі (L) транспортування

Отримані залежності (рис. 3–4) описуються наступними рівняннями:
 – навантаження автоцистерн у ПЗ

$$t_n = 5,1 \cdot Q_M + 0,091, r=0,96. \quad (4)$$

де t_n – тривалість навантаження молока-сировини у ПЗ, хв; Q_M – обсяг молока-сировини, т;

– розвантаження автоцистерни у МЦ

$$t_p = 2,8 \cdot Q_M + 0,215, r=0,97, \quad (5)$$

де t_p – тривалість розвантаження молока-сировини у МЦ, хв; Q_M – обсяг молока-сировини, т;

– транспортування молока-сировини

$$t_m = 0,037 \cdot L + 0,012, r=0,95, \quad (6)$$

де t_m – тривалість транспортування молока-сировини, год; L – віддаль транспортування, км.

Тривалості оформлення експедиційних документів у ПЗ та МЦ не залежать від обсягів навантаженого у ПЗ та відповідно розвантаженого у МЦ молока-сировини. Дані щодо тривалості оформлення експедиційних документів у ПЗ (t_{on}) та у МЦ (t_{om}) подано у табл. 2.

Таблиця 2
Експериментальні дані тривалостей оформлення експедиційних документів у ПЗ (t_{on}) та у МЦ (t_{om})

Показник	Кількісне значення									
	0,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	0,06
Тривалість оформлення експедиційних документів у ПЗ (t_{on}), хв.	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	0,07
	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,4	0,07
	3,5	3,7	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,2	4,3	0,08
	4,4	4,0	4,5	4,7	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	0,08
	5,3	5,4	5,5	5,8	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	0,09
	7,1	7,3	7,6	7,7						0,09
Тривалість оформлення експедиційних документів у МЦ (t_{om}), хв.	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	0,18
	3,5	3,5	3,7	3,8	3,9	4,2	4,2	4,3	4,4	0,21
	4,6	4,7	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	0,23
	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8	5,9	6,0	6,2	6,4	0,25
	6,6	6,6	6,8	6,8	7,0	7,0	7,1	7,2	7,4	0,27
	7,4	7,5	7,7	7,8	8,4	8,7	8,8	9,0	9,2	0,29
	9,4	9,6	9,9	10,3	10,6	10,8	11,4	11,9	12,4	0,33
	13,6	14,1	15,2	16,3	17,5	18,4				

Статистичне опрацювання цих даних дало змогу визначити числові характеристики, а також обґрунтувати теоретичні закони розподілів, якими є розподіли Вейбулла. Теоретична крива розподілу описується наступними рівняннями:

– тривалість оформлення експедиційних документів у ПЗ

$$f(t_{on}) = 0,548 \left(\frac{t_{on} - 1,5}{2,73} \right)^{0,49} \times \exp \left[- \left(\frac{t_{on} - 1,5}{2,73} \right)^{1,49} \right], \quad (7)$$

– тривалість оформлення експедиційних документів у МЦ

$$f(t_{om}) = 0,281 \left(\frac{t_{om} - 3,1}{4,22} \right)^{0,18} \times \exp \left[- \left(\frac{t_{om} - 3,1}{4,22} \right)^{1,18} \right]. \quad (8)$$

Встановлено головні статистичні характеристики розподілу тривалостей оформлення експедиційних документів у ПЗ (t_{on}) та у МЦ (t_{om}) наступні. Зокрема, оцінка математичного сподівання цих тривалостей відповідно становить – 3,9 та 7,1 хв. Оцінка середньоквадратичного відхилення цих тривалостей відповідно становить – 1,66 та 3,42 хв. Довірчий інтервал цих тривалостей відповідно становить 1,5...8,4 хв та 3,1...18,6 хв.

Перевірка адекватності отриманих розподілів проводилась за критерієм χ^2 -Пірсона. Отримані розрахункові значення критеріїв χ^2 порівнювались із табличними $(\chi^*)^2$ значеннями. Для розподілів тривалостей оформлення експедиційних документів у ПЗ (t_{on}) та у МЦ (t_{om}) значення критеріїв χ^2 становлять $(\chi^2 = 1,56) < ((\chi^*)^2 = 2,25)$ та $(\chi^2 = 2,5) < ((\chi^*)^2 = 7,81)$ відповідно.

Це свідчить про те, що отримані теоретичні криві розподілів Вейбулла адекватно відображають емпіричні дані тривалостей оформлення експедиційних документів у ПЗ (t_{on}) та у МЦ (t_{om}).

Отримані залежності та розподіли тривалостей виконання окремих ЗТР є основою для імітаційного моделювання цих робіт з метою кількісної оцінки їх показників за різного їх змісту, із врахуванням впливу мінливості виробничих умов.

На підставі аналізу змісту та часу виконання заготівельних робіт у існуючих ЛСЗМ встановлено їх можливі варіанти (рис. 5). Зокрема, роботи відносно доставки молока-сировини від ПЗ до МЦ можуть здійснюватися за такими вантами – один, два або три рази на добу. Це, в основному, зумовлюється фізіологічними особливостями корів та особливостями організації заготівельних робіт. Що стосується фізіологічних особливостей корів, то у зимові місяці корови доять два рази на добу, так як тривалість світлої пори дня є короткою. У всі інші місяці року організується доїння корів три рази на добу. Це свідчить про те, що організувати роботи щодо заготівлі молока в окрему добу можна не більше кількості доїнь корів в цю добу.

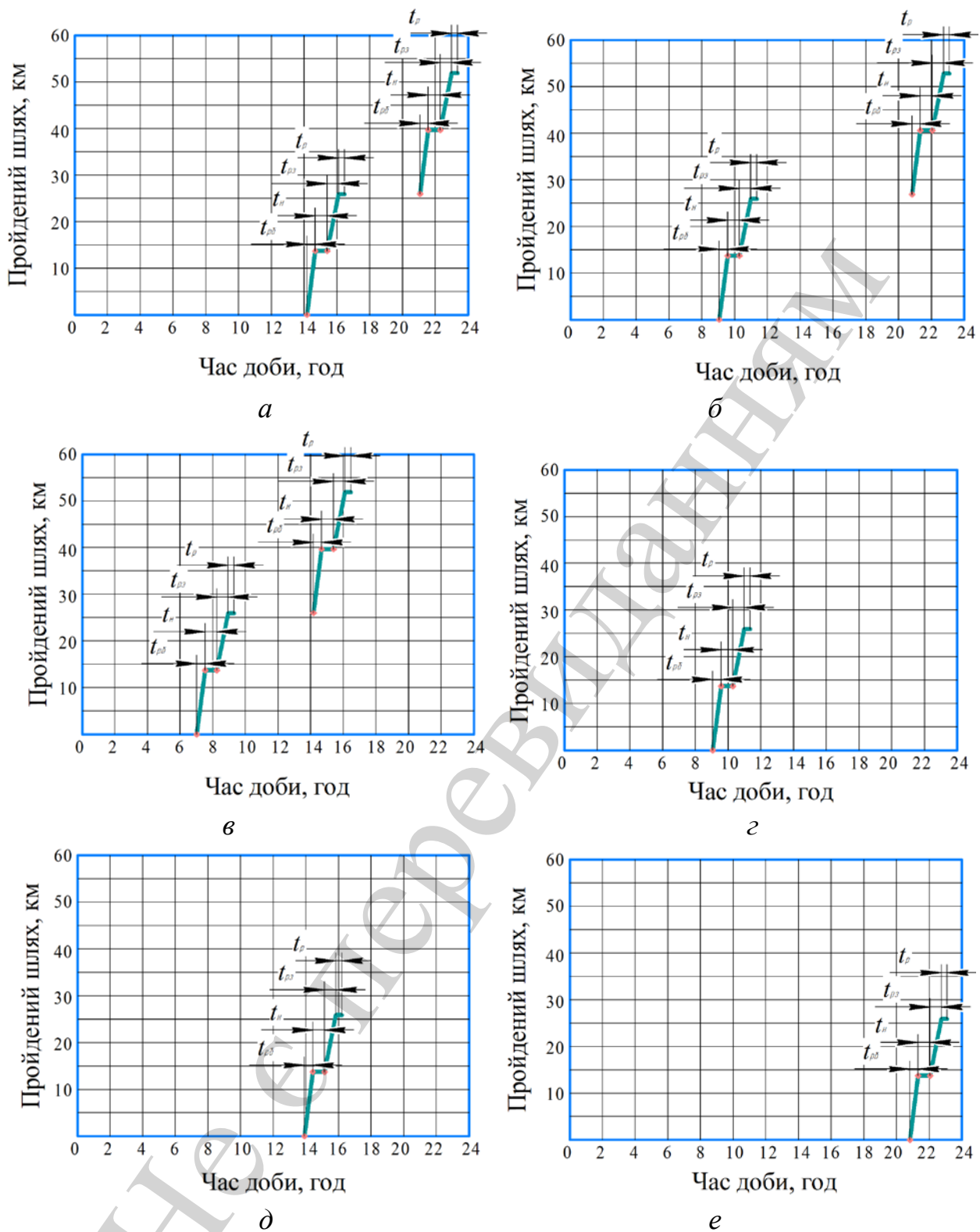


Рис. 5. Графік виконання ЗТР: а-в – два рази на добу; г- е – один раз на добу

За умови, якщо молоко забирається три рази на добу, то у кожний ПЗ слід три рази планувати поїздки автоцистерн. Якщо молоко транспортується два рази на добу, то існує декілька варіантів змісту та часу виконання ЗТР:

1) молоко, заготовлене вранці та у обід, транспортується в обід, а молоко, заготовлене у вечері, транспортується у вечері (рис. 5, а);

2) молоко, заготовлене вранці, транспортується вранці, а молоко, заготовлене в обід і вечір, транспортується у вечері (рис. 5, б);

3) молоко, заготовлене у вечері попередньої доби та вранці поточної доби, транспортується вранці, а молоко, заготовлене у обід, транспортується у обід (рис. 5, в).

За умови організації транспортних робіт один раз на добу можливі наступні варіанти змісту та часу виконання цих робіт:

1) молоко, заготовлене в обід і у вечері минулої доби та вранці поточної доби, транспортується вранці (рис. 5, з);

2) молоко, заготовлене ввечері минулої доби та вранці і обід поточної доби, транспортується в обід (рис. 5, д);

3) молоко, заготовлене вранці, обід та ввечері поточної доби транспортується у вечері (рис. 5, е).

Отримані графіки (рис. 5) побудовано на підставі імітаційного моделювання виконання транспортних робіт. Для цього використано імітаційну модель виконання робіт у ЛСЗМ, яка обґрунтована нижче.

Отже, існує сім варіантів змісту та часу ЗТР, з-поміж яких слід визначати ефективний. Визначення ефективного варіанту ЗТР проводиться на підставі імітаційного їх моделювання за заданих виробничих умов ЛСЗМ.

5. Обґрунтування структури імітаційної моделі виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока

Імітаційне моделювання виконання ЗТР у ЛСЗМ виконується з метою кількісної оцінки показників виконання зазначених робіт за різного їх змісту, із врахуванням впливу мінливості виробничих умов. До таких показників належать:

1) технологічна потреба в автоцистернах та ПЗ;

2) витрати часу на виконання окремих ЗТР та обслуговування окремих маршрутів (t_{μ});

3) пройдений шлях (L_{μ}) та виконаний вантажопотік (W_{μ}) по окремих маршрутах транспортування молока-сировини;

4) витрати електроенергії холодильним обладнанням та води для його миття.

Імітаційне моделювання виконання ЗТР проводилося поетапно:

1. Розроблялись блок-схема та алгоритм статистичного імітаційного моделювання, а також програмне забезпечення для реалізації його на ПК.

2. Виконувалось попереднє моделювання та здійснювалася перевірка адекватності моделі реальній тривалості виконання ЗТР для умов ПАТ «Бродівський ЗСЗМ».

3. Виконувались комп'ютерні експерименти (імітаційне моделювання виконання ЗТР) для різних варіантів змісту робіт.

4. Опрацьовувались результати імітаційного моделювання та обґрунтовувались залежності показників виконання зазначених робіт за різного їх змісту із врахуванням впливу мінливих виробничих умов.

Блок-схема та алгоритм імітаційного моделювання виконання ЗТР для

різних варіантів їх змісту розроблялись на підставі обґрунтованих методів, моделей та методик узгодження ЗТР з добовими обсягами надходження молока [17]. Блок-схема складається із 12 блоків (рис. 6).

На підставі розкриття змісту блоків, зображених на блок-схемі, розроблено алгоритм моделювання виконання ЗТР, що складається із 14 кроків.

Кожний із кроків запропонованого алгоритму означає наступне:

1. Занесення у пам'ять ПК початкових даних для моделювання:

- кількість ПЗ в яких здійснюється заготівля молока – n ;
- число днів, на які робиться прогнозування обсягів заготівлі молока – d ;
- число варіантів змісту ЗТР $d1$;
- вантажність автоцистерни $a1$;
- середня технічна швидкість руху автоцистерни vr ;
- питома тривалість виконання робіт у ПЗ ptz ;
- питома тривалість виконання робіт у МЦ ptr .

2. Формування масивів характеристик виробничих умов, а саме:

- добових обсягів (Q_{di}) заготівлі молока у i -му ПЗ

$$MK := (Q_{di})_{n \times d}, \quad (9)$$

де (Q_{di}) – обсяг заготівлі молока у i -у ПЗ d -ї доби впродовж календарного року, т.; n – кількість ПЗ, од.; d – кількість днів прогнозування обсягів заготівлі молока, од.

- віддалей (V_{ij}) між населеними пунктами, де розташовано ПЗ

$$MV := (V_{ij})_{n \times n}, \quad (10)$$

де (V_{ij}) – віддаль між i -м та j -м населеними пунктами, км.

3. Виділення місця в пам'яті ПК для масивів:

- показників (MN) виконання транспортних робіт на кожному із маршрутів

$$MN := (\psi_{ij})_{k \times n}, \quad (11)$$

де ψ_{di} – показник виконання транспортних робіт у i -у ПЗ d -ї доби; k – кількість показників виконання транспортних робіт, од.

– обсягів (MD) накопичення молока у ПЗ для різних варіантів змісту заготівельно-транспортних робіт

$$MD := (Q_{nid})_{\omega \times n}, \quad (12)$$

де (Q_{nid}) – обсяг накопичення молока у ПЗ у i -у ПЗ d -ї доби; ω – кількість варіантів змісту заготівельно-транспортних робіт, од.

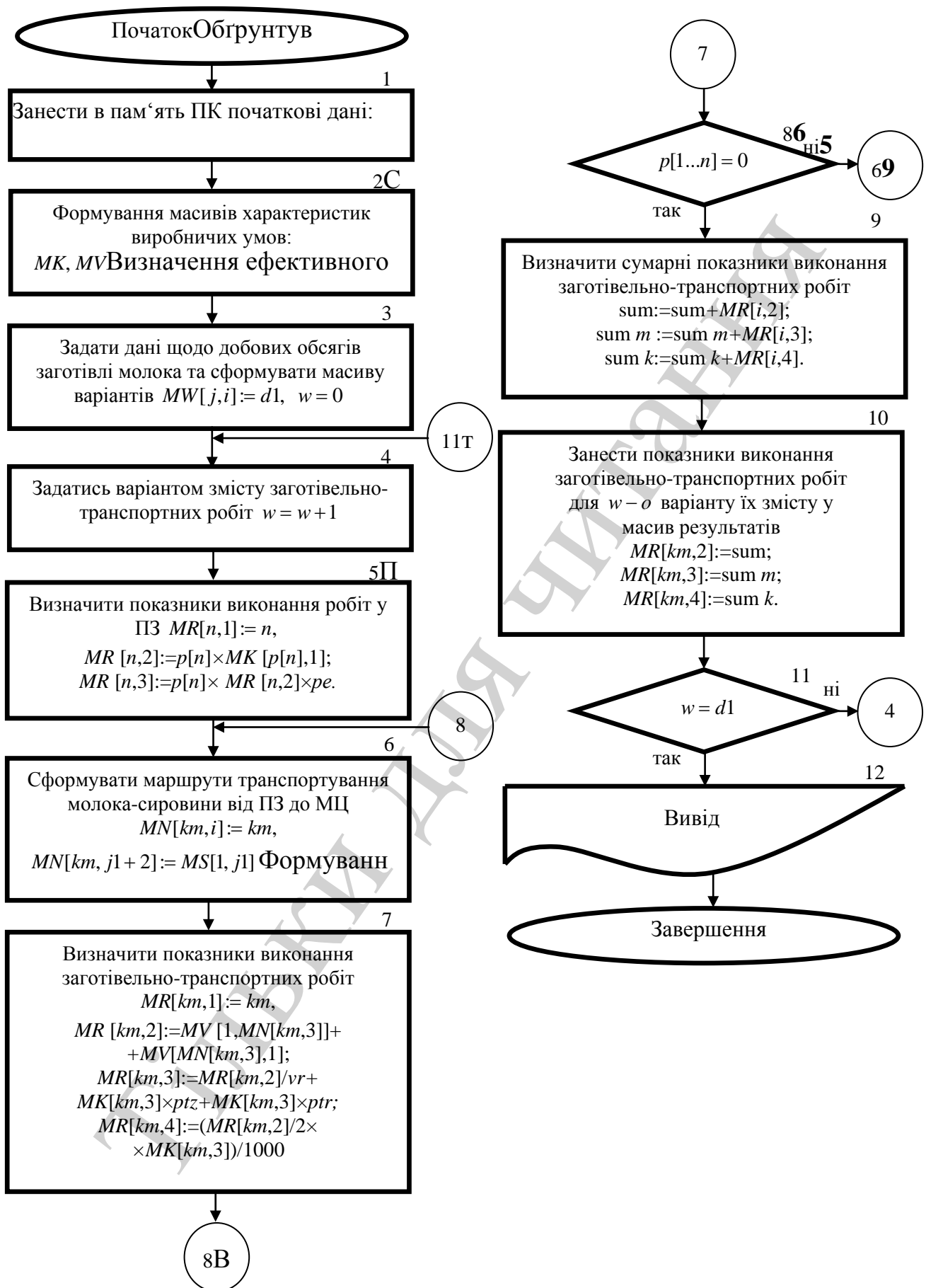


Рис. 6. Блок-схема алгоритму імітаційного моделювання виконання ЗТР

– результатів (MR) визначення показників виконання заготівельно-транспортних робіт за різного їх змісту

$$MR := (\psi_{ij})_{\omega \times n}, \quad (13)$$

де ψ_{id} – показник виконання заготівельно-транспортних транспортних у i -у ПЗ d -ї доби; ω – кількість варіантів змісту заготівельно-транспортних робіт, од.

4. Зчитування даних щодо добових обсягів (Q_{di}) заготівлі молока у i -х ПЗ та сформуванню масиву варіантів змісту заготівельно-транспортних робіт

$$MW := (Q_{di})_{\omega \times n}. \quad (14)$$

5. Вибір варіанту змісту заготівельно-транспортних робіт і присвоєння значення

$$\omega = \omega + 1. \quad (15)$$

6. Визначення показників виконання заготівельних робіт у ПЗ, а саме – фіксація номеру ПЗ

$$MR[n, 1] := n; \quad (16)$$

– визначення за залежностями (2) та (3) тривалості охолодження молока у ПЗ та занесення кількісних значень у масив результатів (MR):

$$t_o^1 = 1,355 \cdot Q_{x.o}^{0.473}, \quad t_o^2 = 0,707 \cdot Q_{x.o}^{0.452}, \quad (15)$$

$$MR[n, 2] := t_{oi}; \quad (17)$$

– визначення обсягів спожитої електроенергії у ПЗ та занесення кількісних значень у масив результатів (MR):

$$Q_{ei} = q_e \cdot Q_{x.oi} \cdot t_{oi}, \quad (18)$$

$$MR[n, 3] := Q_{ei}, \quad (19)$$

де ($Q_{x.o}$) – обсяг молока-сировини у холодильній установці, т.

7. Формування маршрутів транспортування молока-сировини від ПЗ до МЦ для заданого варіанту змісту заготівельно-транспортних робіт з фіксацією:

– номеру маршруту

$$MN[km, i] := km; \quad (20)$$

– порядку об'їзду ПЗ у маршруті

$$MN[km, j1 + 2] := MS[1, j1]. \quad (21)$$

8. Визначення показників виконання транспортних робіт на окремому маршруті та занесення кількісних значень у масив результатів (MR), а саме:

– віддаль транспортування

$$L_{\mu d} = L_x + \sum_{i=1}^{s_{\mu}} L_{ij} + L_3, \quad (22)$$

де $L_{\mu d}$ – пройдений шлях автоцистерною на μ -му маршруті звезення молока від ПЗ до МЦ в d -ту добу, км; L_x , L_{ij} , L_3 – відповідно пройдений шлях автоцистерною до першого ПЗ, від i -го до j -го ПЗ та від останнього ПЗ у маршруті до МЦ у маршруті, км.

$$MR[km, 2] := L_{\mu j}, \quad (23)$$

– тривалість обслуговування маршруту визначається на підставі формул (4)–(8)

$$t_{\mu j} = t_x + \sum_{i=1}^{n_{\mu}} t_{ni} + \sum_{i=1}^{n_{\mu}} t_{oni} + \sum_{i=1}^{n_{\mu}} t_{mi} + t_{mi} + t_p + t_{om}, \quad (24)$$

де t_x – тривалість руху автоцистерни до першого ПЗ у маршруті, год; t_{ni} , t_{oni} – відповідно тривалість навантаження молока-сировини та оформлення експедиційних документів у i -му ПЗ, год; t_{ti} , t_{mi} – відповідно тривалість транспортування молока-сировини між i -ми ПЗ та від останнього ПЗ у маршруті до МЦ, год; t_p , t_{om} – відповідно тривалість розвантаження молока-сировини та оформлення експедиційних документів у МЦ, год.

$$MR[km, 3] := t_{\mu j}, \quad (25)$$

– виконаний вантажообіг на маршруті

$$W_{\mu j} = \sum_{i=1}^{n_{\mu}} Q_{mi} \cdot L_i + Q_{zi} \cdot L_{zi}, \quad (26)$$

де ($W_{\mu d}$) – виконаний вантажообіг автоцистерною на μ -му маршруті звезення молока від ПЗ до МЦ в d -ту добу, т.км; Q_{mi} , Q_{zi} – відповідно обсяг молока у автоцистерні після завантаження у i -му ПЗ, а також після

завантаження у останньому ПЗ на маршруті, t ; L_i, L_{3i} – відповідно пройдений шлях автоцистерною від i -го до j -го ПЗ та від останнього ПЗ у маршруті, км.

$$MR[km,4] := W_{\mu j}. \quad (27)$$

9. Перевірка умови наявності молока у ПЗ

$$P[1...n] = 0. \quad (28)$$

Якщо умова не виконується, то перейти до кроку 7.

10. Визначення сумарних добових показників виконання транспортних робіт для заданого варіанту їх змісту, а саме:

– сумарний пройдений шлях на маршрутах

$$MR[i,2] := L_{\partial} = \sum_{\mu=1}^{n_{\mu}} L_{\mu j}; \quad \text{sum} := \text{sum} + MR[i,2]; \quad (29)$$

– сумарна тривалість обслуговування маршрутів

$$MR[i,3] := t_{\partial} = \sum_{\mu=1}^{n_{\mu}} t_{\mu j}; \quad \text{summ} := \text{summ} + MR[i,3]; \quad (30)$$

– сумарний виконаний вантажообіг на маршрутах

$$MR[i,2] := W_{\partial} = \sum_{\mu=1}^{n_{\mu}} W_{\mu j}; \quad \text{sumk} := \text{sumk} + MR[i,4]. \quad (31)$$

11. Занесення характеристики виконання заготівельно-транспортних робіт для $w - o$ варіанту їх змісту у масиви результатів:

$$MR [km,2] := \text{sum}, \quad MR [km,3] := \text{sum } t, \quad MREZ[km,4] := \text{sum } k. \quad (32)$$

12. Перевірка умови перебору всіх варіантів змісту заготівельно-транспортних робіт

$$w = d1. \quad (33)$$

Якщо умова не виконується, то перейти до кроку 5.

13. Виведення результатів на друк.

14. Завершення.

На підставі наведеного алгоритму розроблена комп'ютерна програма імітаційного моделювання виконання ЗТР на мові PascalABC обсягом 38 Кбайт.

Наступним етапом було виконання попереднього моделювання з метою перевірки адекватності моделі реальній тривалості виконання ЗТР для умов ПАТ «Бродівський ЗСЗМ». Розроблена імітаційна модель виконання ЗТР перевірена на адекватність за парним t -критерієм. Початкові дані для перевірки імітаційної моделі на адекватність подано у табл. 3.

Таблиця 3

Початкові дані для перевірки імітаційної моделі на адекватність

Маршрут	Дані тривалостей обслуговування ТЗ окремих маршрутів, год		Різниця ($x_{2n} - x_{1n}$)
	Виробничий експеримент x_{1n}	Ком'ютерний експеримент x_{2n}	
1	1,57	1,6	0,03
2	1,83	1,777	-0,053
3	3,37	3,36	-0,01
4	3,91	3,94	0,03
5	4,26	4,32	0,06
6	5	5,1	0,1
7	6,29	6,18	-0,11
8	6,89	6,91	0,02

Під час перевірки її адекватності порівнювалися експериментальні та змодельовані значення тривалостей обслуговування окремих маршрутів ($t_{\mu i}$) автоцистернами Hyundai HD-65 STD+Г6-ОГА-3,9. Відхилення отриманих кількісних значень тривалостей ($t_{\mu i}$) виконання окремих маршрутів на підставі імітаційного моделювання виконання ЗТР та отриманих експериментальних їх значень не перевищує 2,9%. Це свідчить про адекватність розробленої імітаційної моделі виконання ЗТР у ЛСЗМ.

6. Закономірності зміни показників виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока

З метою виявлення впливу змісту та часу виконання ЗТР на їх системні показники було виконано їх імітаційне моделювання. Для цього на кафедрі інформаційних систем та технологій Львівського національного аграрного університету (Україна) розроблено комп'ютерну програму на мові PascalABC, що базується на обґрунтованому вище алгоритмі (рис. 3). Імітаційне моделювання виконання ЗТР проводилося відповідно до попередньо обґрунтованих варіантів змісту цих робіт для прогнозованих мінливих виробничих умов ПАТ «Бродівський ЗСЗМ» (м. Броди Львівської області), характеристики яких подано вище.

Таблиця 4

Результати визначення основних показників виконання ЗТР у ЛСЗМ впродовж окремих діб сезону заготівлі молока (d) за різних варіантів змісту їх виконання

Варіант змісту робіт	Доба сезону заготівлі молока (d)											
	21	49	77	105	133	161	189	217	245	273	301	329
Сумарна добова тривалість охолодження молока в ПЗ (t_{oc}), год												
1	155	179,3	203,2	234,7	332,1	349,3	336,3	340,2	337,2	323,7	286,6	231,3
2	283,3	305	326,2	354,1	440	455,2	443,7	447,1	444,5	432,7	399,9	351
3	283,6	305,3	326,5	354,5	440,7	455,9	444,4	447,8	445,2	433,3	400,5	351,4
4	282,9	304,4	325,5	353,3	439	454,1	444,8	448,2	445,5	433,7	400,8	351,7
5	370,2	390,1	409,5	435	663,1	746,8	694,6	720,6	695,5	638,4	480,4	435,1
6	370,7	390,6	410,1	435,8	664,5	748,3	693,2	719,1	694,1	637,1	479,5	434,4
7	371,2	391,2	410,8	436,5	665,8	749,9	691,8	717,7	692,7	635,9	478,6	433,7
Сумарний добовий обсяг споживання води ПЗ (Q_v), м ³												
1	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2	12	12	12	12	12,84	13,1	12,9	12,94	12,9	12,68	12,28	12
3	12	12	12	12	12,68	13	12,74	12,84	12,84	12,58	12,24	12
4	12	12	12	12	12,74	13,1	12,94	13	12,94	12,68	12,28	12
5	6	6	6	6,1	8,61	9,44	8,91	9,19	8,94	8,34	6,55	6,1
6	6	6	6	6,12	8,61	9,47	8,89	9,19	8,91	8,31	6,55	6,1
7	6	6	6	6,12	8,61	9,47	8,89	9,19	8,89	8,31	6,5	6,1
Сумарний добовий обсяг споживання електроенергії ПЗ (Q_{ec}), кВт·год												
1	1395	1614	1614	2112	2989	3144	3027	3061	3034	2914	2579	2081
2	2550	2745	2745	3186	4657	5007	4733	4807	4741	4471	3832	3159
3	2553	2748	2748	3191	4554	4939	4629	4739	4711	4405	3804	3163
4	2546	2740	2740	3180	4573	4995	4782	4855	4790	4481	3841	3166
5	3332	3511	3511	4096	7508	8435	7901	8188	7955	7235	5285	4097
6	3336	3516	3516	4140	7523	8496	7842	8172	7895	7178	5275	4091
7	3341	3521	3521	4147	7539	8513	7826	8156	7836	7164	5185	4084
Сумарний добовий пройдений шлях ТЗ (L_c), км												
1	966	966	1090	1158	1454	1554	1460	1488	1460	1522	1262	1158
2	672	694	777	884	1114	1243	1139	1147	1139	1162	993	912
3	672	686	831	864	1122	1244	1128	1157	1128	1176	964	876
4	672	694	819	892	1114	1231	1139	1172	1139	1152	993	920
5	386	437	490	536	827	857	852	849	878	834	735	536
6	386	474	490	546	827	873	852	849	852	842	735	527
7	392	516	488	546	827	873	843	878	843	836	735	527
Сумарний добовий вантажообіг автоцистернами (W_c), т·км												
1	1056	1438	1441	1576	2268	2770	2373	2476	2398	2523	1848	1500
2	786,6	1022	1109	1272	1737	2138	1808	1875	1824	2023	1539	1357
3	786,6	1012	1290	1280	1799	2148	1856	1953	1872	1940	1541	1366
4	778,4	1012	1261	1316	1721	2115	1826	1886	1842	1851	1557	1393
5	628,2	644,8	820,8	925,5	1340	1499	1453	1439	1463	1473	1258	927,8
6	635,7	830,1	834,3	934,3	1358	1487	1432	1419	1446	1379	1243	878,1
7	643,1	836,9	801	950,9	1376	1509	1408	1470	1420	1408	1228	862,1
Сумарна добова тривалість виконання транспортних робіт (t_{tc}), год.												
1	27,6	27,6	33,3	35,2	48,0	50,8	48,2	48,9	48,2	49,9	40,3	35,2
2	19,9	20,5	24,3	28,1	38,3	42,7	39,7	39,9	39,7	39,6	33,4	28,9
3	19,9	20,3	25,9	27,6	38,5	42,7	38,7	40,2	38,7	40,0	31,8	27,9
4	19,9	20,5	25,5	28,3	38,3	42,3	39,7	40,6	39,7	39,4	33,4	29,1
5	12,5	13,9	16,1	18,2	30,8	32,4	31,5	31,4	32,2	30,3	26,0	18,2
6	12,5	15,0	16,1	18,5	30,8	32,8	31,5	31,4	31,5	30,5	26,0	17,9
7	12,6	16,9	16,1	18,5	30,8	32,8	31,2	32,2	31,2	30,3	26,0	17,9

На підставі імітаційного моделювання виконання ЗТР для кожного із варіантів їх змісту та часу виконання визначено наступні системні сумарні показники: добова тривалість охолодження молока-сировини у ПЗ; добовий обсяг споживання води ПЗ; добовий пройдений шлях автоцистернами; добова тривалість роботи автоцистерн; добовий виконаний вантажообіг автоцистернами.

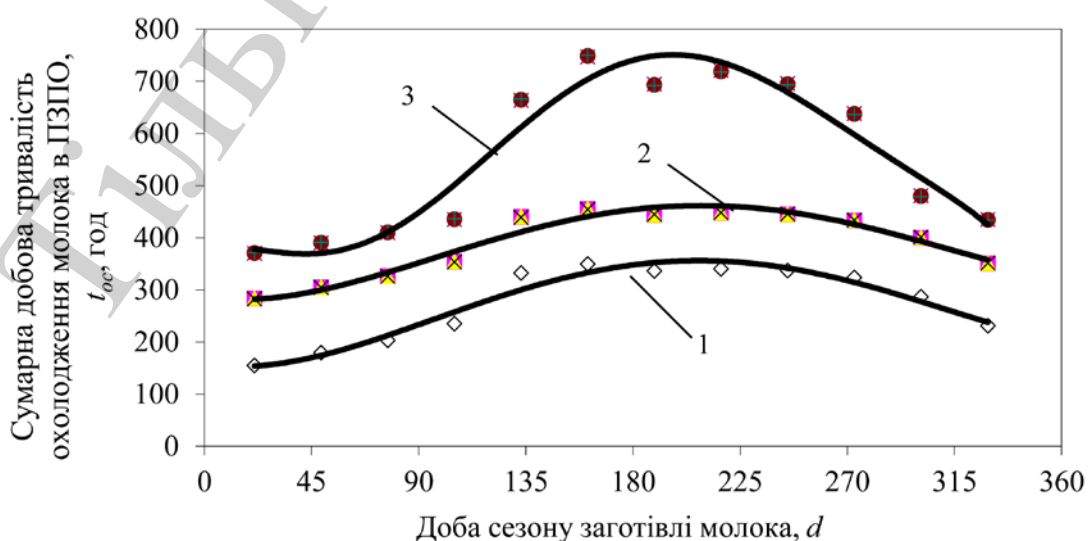
За результатами імітаційного моделювання отримані кількісні значення основних показників виконання ЗТР, що представлені у табл. 4.

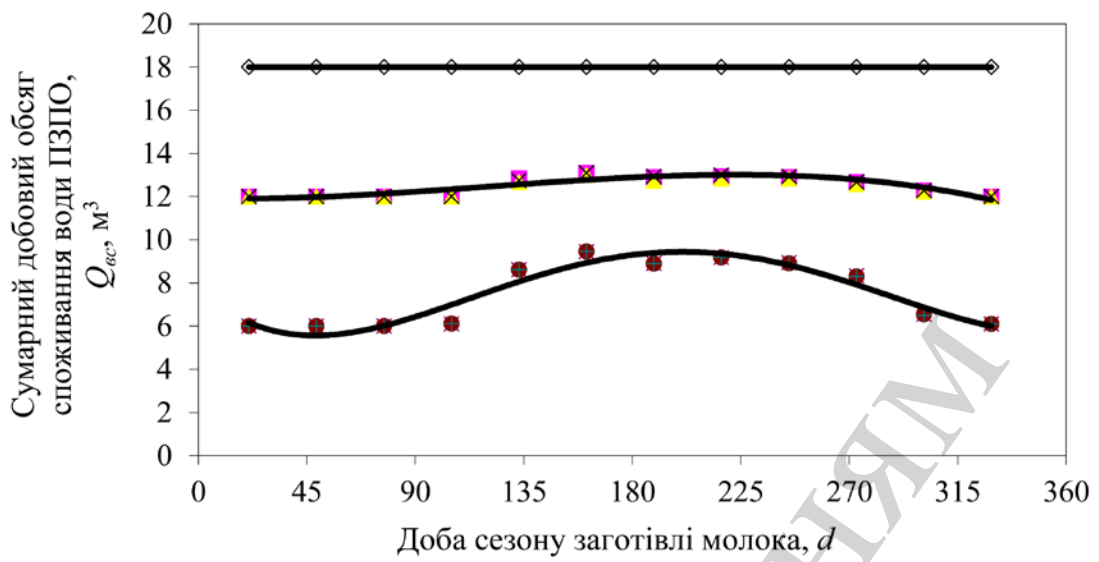
Опрацювання отриманих даних (табл. 4) за допомогою програми Microsoft Excel 2010 дало можливість побудувати залежності основних показників виконання ЗТР від доби сезону заготівлі молока (d) та варіантів їх змісту (рис. 4). Зазначені залежності описуються рівняннями, що подано у табл. 2.

Таким чином, отримані залежності (рис. 7, а) свідчать про те, що сумарна добова тривалість охолодження молока у ПЗ із збільшенням кількості поїздок автоцистерн від ПЗ до МЦ, зменшується. Сумарний добовий обсяг споживання води ПЗ (рис. 7, б) за умови, що молоко транспортується від ПЗ до МЦ три рази на добу є сталим впродовж року і становить 18 м^3 . Сумарний добовий обсяг споживання води ПЗ, якщо молоко транспортується від ПЗ до МЦ один та два рази на добу, залежить від варіанту виконання ЗТР та обсягів заготівлі молока. Сумарний добовий обсяг споживання води ПЗ зі збільшенням обсягу заготівлі молока, збільшується.

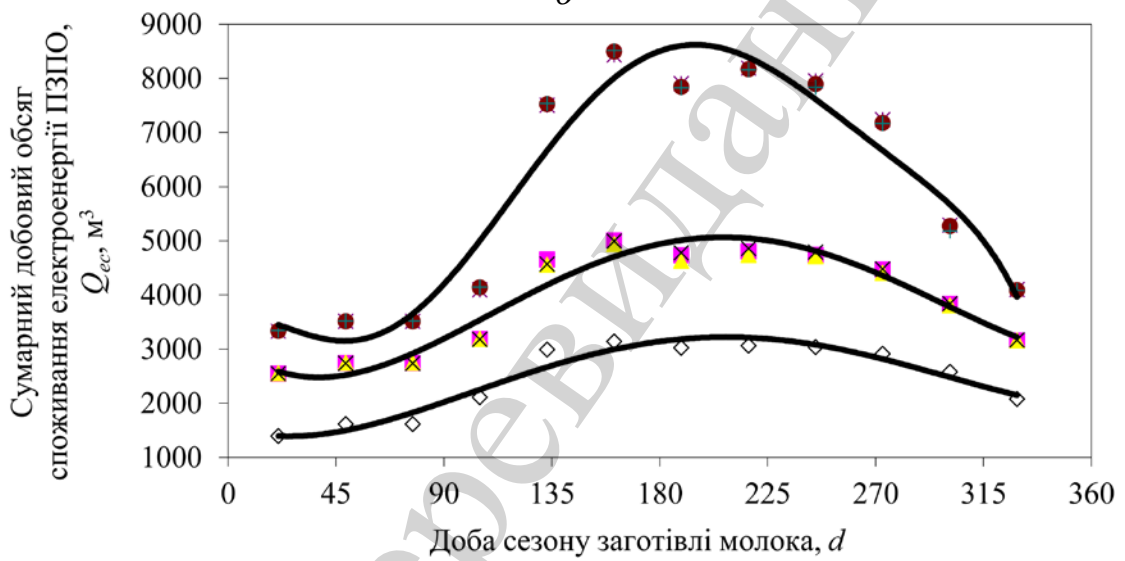
Встановлено (рис. 7, в), що сумарний добовий обсяг споживання електроенергії ПЗ зі збільшенням кількості поїздок автоцистерн від ПЗ до МЦ, зменшується. Водночас (рис. 7, г), сумарний добовий пройдений шлях автоцистерн зі збільшенням кількості поїздок автоцистернами від ПЗ до МЦ, зростає.

Встановлено (рис. 7, д), що зростання сумарного добового вантажообігу автоцистерн відбувається із збільшенням кількості їх поїздок від ПЗ до МЦ. Аналогічні тенденції спостерігаються щодо сумарної добової тривалості виконання транспортних робіт (рис. 7, е), яка зростає зі збільшенням кількості поїздок ТЗ від ПЗ до МЦ.

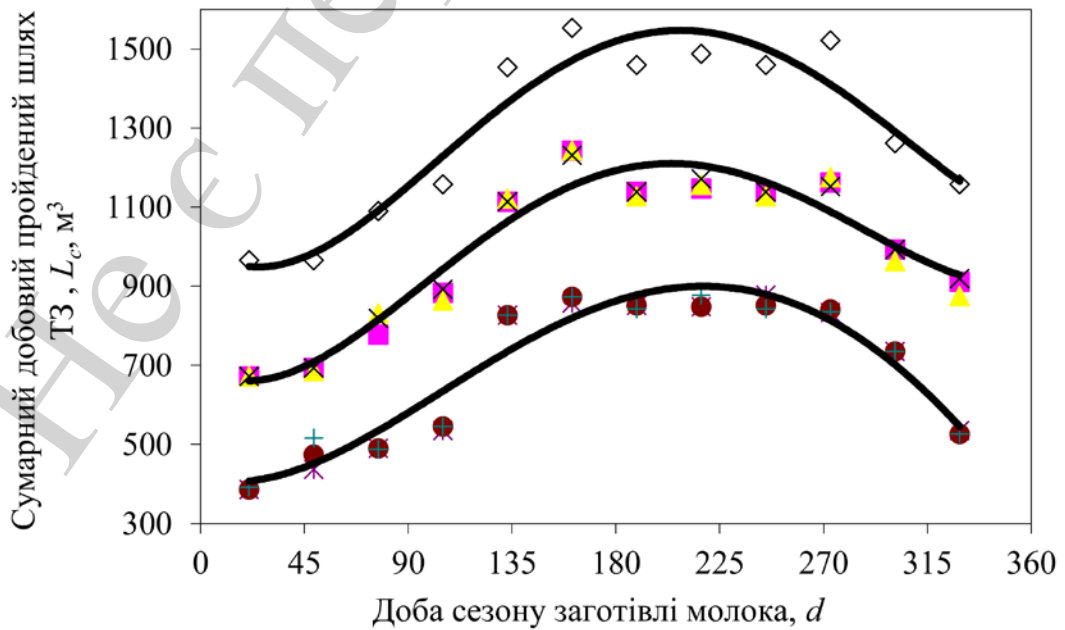




б



в



г

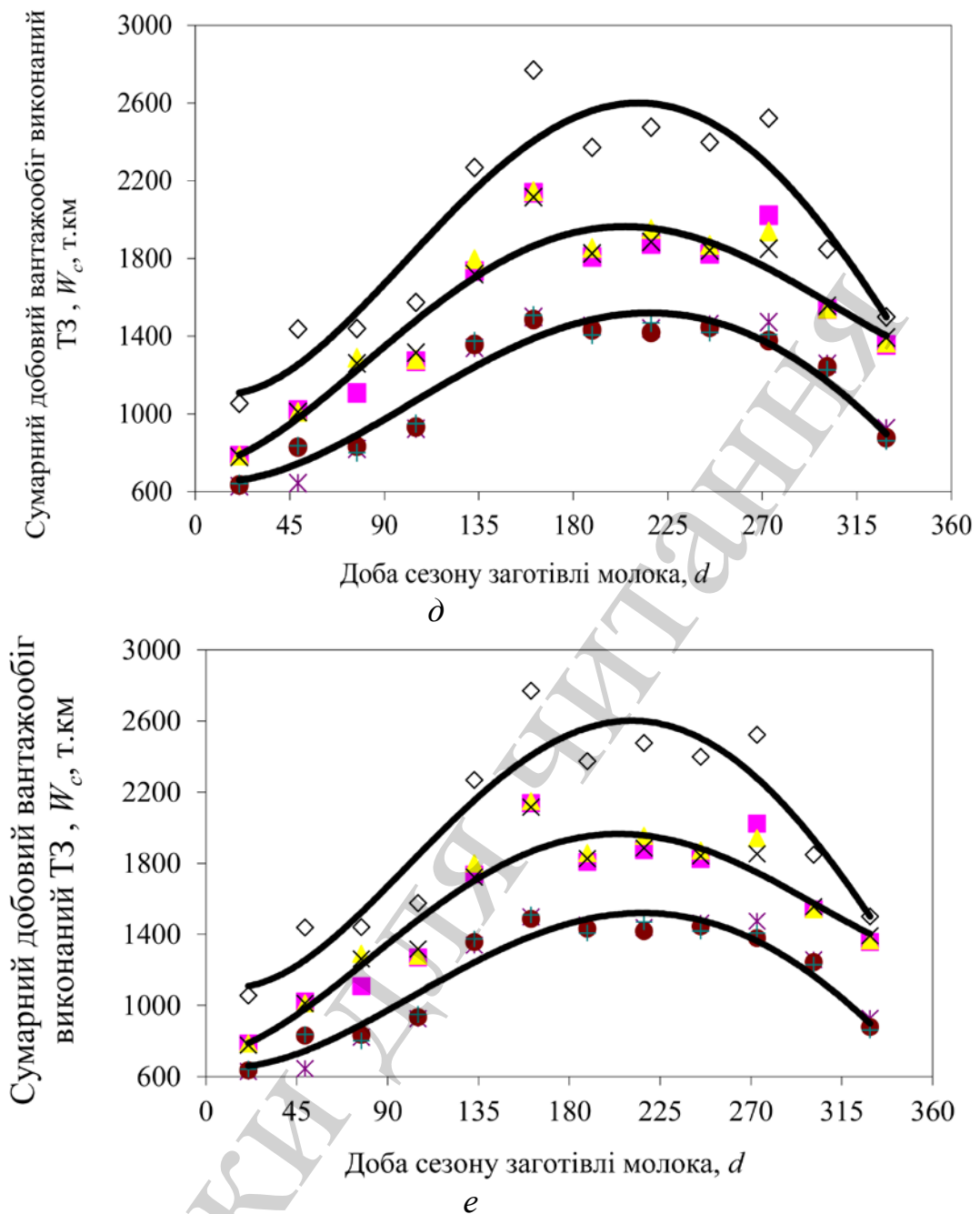


Рис. 7. Залежності сумарних добових показників виконання ЗТР від доби сезону заготівлі молока (d) за транспортування від ПЗ до МЦ три рази на добу (1), два рази на добу (2) та один раз на добу (3): a – тривалість охолодження молока у ПЗ; b – обсяг споживання води ПЗ; v – обсяг споживання електроенергії ПЗ; z – пройдений шлях ТЗ; d – вантажообіг ТЗ; e – тривалість виконання транспортних робіт

Таблиця 5

Рівняння залежностей показників виконання ЗТР від доби сезону заготівлі молока (d) та варіанту їх змісту

Показник	Зміст виконання ЗТР		
	один раз на добу	два рази на добу	три рази на добу
Сумарна добова тривалість	$t_{oc1}=2 \times 10^{-7} d^4 - 1 \times 10^{-3} d^3 + 2,76 \times 10^{-1}$	$t_{oc2}=1 \times 10^{-7} d^4 - 1 \times 10^{-4} d^3 + 2,44 \times 10^{-2} d^2 -$	$t_{oc3}=6 \times 10^{-7} d^4 - 5 \times 10^{-4} d^3 + 0,11 d^2 -$

охолодження молока в ПЗ (t_{oc})	$^2d^2-0,75d+158,55,$ $r=0,95$	$0,67d+286,44, r=0,95$	$7,56d+494,27,$ $r=0,92$
Сумарний добовий обсяг споживання води ПЗ Q_{bc}	$Q_{bc1}=7\times 10^{-9}d^4-$ $6\times 10^{-6}d^3+1,4\times 10^{-}$ $^3d^2-9,8\times 10^{-}$ $^2d+7,66, r=0,91$	$Q_{bc2}=-3\times 10^{-7}d^3+9\times 10^{-}$ $^5d^2-2,7\times 10^3d+11,92,$ $r=0,85$	–
Сумарний добовий обсяг споживання електроенергії ПЗ Q_{ec}	$Q_{ec1}=8\times 10^{-6}d^4-$ $6,8\times 10^{-3}d^3+1,62d^2-$ $104d+4997, r=0,92$	$Q_{ec2}=3\times 10^{-6}d^4-2,4\times 10^{-}$ $^3d^3+5,7\times 10^{-1}d^2-$ $31,14d+3005, r=0,94$	$Q_{ec3}=1\times 10^{-6}d^4-$ $1,1\times 10^{-}$ $^3d^3+2,4\times 10^{-1}d^2-$ $6,76d+1427,$ $r=0,95$
Сумарний добовий пройдений шлях ТЗ (L_c)	$L_{c1}=2\times 10^{-7}d^4-$ $2\times 10^{-4}d^3+5,1\times 10^{-}$ $^2d^2-1,27d+413,3,$ $r=0,91$	$L_{c2}=6\times 10^{-7}d^4-4\times 10^{-}$ $^4d^3+9,1\times 10^{-2}d^2-$ $3,18d+691,4, r=0,94$	$L_{c3}=6\times 10^{-7}d^4-$ $5\times 10^{-4}d^3+0,1d^2-$ $4,44d+1001,$ $r=0,91$
Сумарний добовий вантажобіг автоцистернами (W_c)	$W_{c1}=4\times 10^{-7}d^4-$ $24\times 10^{-4}d^3+8,9\times 10^{-}$ $^2d^2-1,91d+664,6,$ $r=0,94$	$W_{c2}=7\times 10^{-7}d^4-6\times 10^{-}$ $^4d^3+0,1d^2+1,45d+716,2,$ $r=0,92$	$W_{c3}=8\times 10^{-7}d^4-$ $8\times 10^{-4}d^3+0,1d^2-$ $4,58d+1133,$ $r=0,88$
Сумарна добова тривалість виконання транспортних робіт (t_{tc})	$t_{tc1}=1\times 10^{-8}d^4-$ $1\times 10^{-5}d^3+2,9\times 10^{-}$ $^3d^2-0,11d+14,4,$ $r=0,91$	$t_{tc2}=2\times 10^{-8}d^4-2\times 10^{-}$ $^5d^3+3,9\times 10^{-3}d^2-$ $0,15d+21,1, r=0,95$	$t_{tc3}=2\times 10^{-8}d^4-$ $2\times 10^{-5}d^3+3,9\times 10^{-}$ $^3d^2-0,15d+28,53,$ $r=0,88$

Примітка: d – доба сезону заготівлі молока

Отже, головні показники виконання ЗТР у ЛСЗМ залежать від варіантів їх організації та доби сезону заготівлі. Отримані результати досліджень лежать в основі визначення вартісних показників виконання ЗТР у ЛСЗМ. Зокрема, на їх основі виконується вибір ефективного варіанту змісту ЗТР у ЛСЗМ.

7. Обговорення результатів досліджень впливу виробничих умов та змісту виконання заготівельно-транспортних робіт на їх показники

Розроблений алгоритм узгодження змісту виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока із виробничими умовами передбачає виконання одинадцяти обґрунтованих управлінських операцій (рис. 1). На відміну від існуючих підходів до планування виконання робіт у логістичних системах, запропонований алгоритм враховує мінливі добові обсяги заготівлі молока від окремих господарств. Також враховує стохастичні тривалості виконання ЗТР, а також обґрунтовані можливі варіанти їх змісту. Запропонований алгоритм узгодження змісту виконання робіт у логістичних системах заготівлі молока із виробничими умовами передбачає формування бази даних для виконання розрахунків із різних джерел. Інформація про наявність та територіальне розташування молочних ферм, із яких постачається молоко-сировина у ПЗ,

береться із звітної документації МЦ. Інформація щодо обсягів заготівлі молока-сировини від кожної із молочних ферм в окрему добу календарного року, для якої узгоджуються ЗТР, береться у виробників молока. Інформація щодо обсягів заготівлі молока-сировини передається до МЦ, де здійснюється узгодження робіт під час оперативного планування через телекомунікаційну мережу.

Особливістю прогнозування добових обсягів заготівлі молока є те, що передбачається врахування його мінливості вродовж періоду лактації корів, який триває від 265 до 435 діб. Цей період залежить від породи, віку та продуктивності корів. Враховано те, що період лактації зміщений відносно календарного року для окремих корів, а заготівля молока здійснюють упродовж цілого календарного року. Встановлено, що основний обсяг заготівлі молока припадає на літні місяці, протягом яких інтенсивно використовуються транспортні засоби для виконання ЗТР.

На підставі експериментально отриманих даних, що отримані для умов ПАТ «Бродівський ЗСЗМ» (Львівська область, Україна), побудовано залежності тривалостей виконання ЗТР від добових обсягів заготівлі молока (рис. 2-4). Встановлено, що залежності тривалості охолодження молока-сировини від обсягу його у холодильній установці за першого (1) та другого (2) доїння описуються степеневими залежностями. Водночас, залежності тривалості навантаження у ПЗ та розвантаження у МЦ СА Hyundai HD-65 STD+Г6-ОТА-3,9 від добових обсягів заготівлі молока (рис. 3) та залежність тривалості транспортування молока-сировини від віддалі транспортування (рис. 4) описуються лінійними рівняннями. Спостерігається коефіцієнт кореляції в межах 0,95...0,97, що свідчить про сильний кореляційний зв'язок між досліджуваними показниками.

Встановлено, що тривалості оформлення експедиційних документів у ПЗ та МЦ не залежать від обсягів навантаженого у ПЗ та відповідно розвантаженого молока-сировини у МЦ. Статистичне опрацювання цих даних дало змогу визначити числові характеристики, а також обґрунтувати теоретичні закони розподілів, якими є розподіли Вейбулла. Головні статистичні характеристики розподілу тривалостей оформлення експедиційних документів у ПЗ та у МЦ наступні. Оцінка математичного сподівання цих тривалостей відповідно становить – 3,9 та 7,1 хв. Оцінка середньоквадратичного відхилення цих тривалостей відповідно становить – 1,66 та 3,42 хв. Довірчий інтервал цих тривалостей відповідно становить 1,5...8,4 хв та 3,1...18,6 хв.

Обґрунтовано, що існує сім варіантів змісту та часу ЗТР, з-поміж яких слід визначати ефективний. Отримані графіки (рис. 5) варіантів виконання ЗТР побудовано на підставі імітаційного моделювання виконання транспортних робіт. Для цього використано імітаційну модель виконання робіт у ЛСЗМ. Вони лежать в основі визначення ефективного варіанту ЗТР за заданих виробничих умов ЛСЗМ.

Запропонована імітаційна модель виконання ЗТР у ЛСЗМ розроблялась у чотири етапи. На першому етапі розроблялась блок-схема та алгоритм статистичного імітаційного моделювання. Для цього використано прогнозовані

мінливі добові обсяги заготівлі молока від окремих господарств, обґрунтовані залежності тривалості виконання ЗТР від обсягів заготівлі молока, а також можливі варіанти їх змісту. На другому етапі проведено попереднє моделювання та виконано перевірку на адекватність моделі за парним t-критерієм. Для цього порівнювалися експериментальні та змодельовані значення тривалостей обслуговування окремих маршрутів автоцистернами Hyundai HD-65 STD+Г6-ОТА-3,9. Відхилення отриманих кількісних значень тривалостей виконання окремих маршрутів на підставі імітаційного моделювання виконання ЗТР та отриманих експериментальних їх значень не перевищує 2,9%. На третьому етапі виконано комп'ютерні експерименти (імітаційне моделювання виконання ЗТР) для різних варіантів змісту робіт. Четвертий етап дав можливість опрацювати результати імітаційного моделювання та обґрунтовувати залежності показників виконання ЗТР за різного їх змісту із врахуванням впливу мінливих виробничих умов.

Встановлено, що головні показники виконання ЗТР у ЛСЗМ залежать від варіантів їх організації та доби сезону заготівлі. Отримані результати досліджень лежать в основі визначення вартісних показників виконання ЗТР у ЛСЗМ. Зокрема, на їх основі виконується вибір ефективного варіанту змісту ЗТР у ЛСЗМ.

Недоліками запропонованого підходу до узгодження змісту та часу виконання робіт із добовими обсягами заготівлі молока є потреба виконання специфічних та трудомістких виробничих експериментів для кількісної оцінки характеристик виробничих умов. Для усунення цього недоліку слід створювати інформаційну систему підтримки прийняття управлінських рішень у ЛСЗМ. Інформаційна система значно полегшить процес формування бази даних щодо мінливих виробничих умов та відповідно кількісного оцінення їх показників. Цим підвищиться якість, точність та оперативність прийняття управлінських рішень щодо узгодження змісту та часу виконання робіт із мінливими виробничими умовами.

На підставі аналізу функціонування існуючих ЛСЗМ встановлено, що існує сім варіантів змісту та часу виконання ЗТР, кожен із яких має свою специфіку. Встановлено, що до робіт із заготівлі молока відносять тривалість охолодження молока-сировини, обсяг споживання електроенергії та води. Відповідно до транспортних робіт відносять пройдений автоцистернами шлях, тривалість їх використання та виконаний вантажообіг.

Використання імітаційної моделі виконання ЗТР у заданих ЛСЗМ, дає можливість здійснювати ітераційний перебір обґрунтованих варіантів змісту та часу виконання ЗТР.

Під час виконання досліджень прийнято деякі обмеження.

Кількість та територіальне розташування пунктів заготівлі молока, наявність господарств, а також характеристики мережі доріг прийнято як сталі станом на 01.01.2019 р. для умов ПАТ «Бродівський ЗСЗМ» (м. Броди Львівської області, Україна). У дослідженнях використано попередньо обґрунтовані закономірності зміни показників використання транспортних засобів для однієї марки – автоцистерн Hyundai HD-65 STD+Г6-ОТА-3,9.

Виконані дослідження на підставі імітаційного моделювання виконання ЗТР у заданій ЛСЗМ дали можливість визначити кількісні значення показників виконання цих робіт за різного змісту у окремі періоди календарного року (табл. 1).

Встановлено, що із зростанням кількості робіт щодо заготівлі молока зростають кількісні значення показників виконання цих робіт (тривалість охолодження молока-сировини, обсяг споживання електроенергії та води). В свою чергу, кількісні значення показників виконання транспортних робіт – зменшуватимуться. При цьому, показники виконання заготівельних робіт у ПЗ заданої ЛСЗМ коливаються у певних межах за різних варіантів змісту виконання робіт впродовж календарного року. Зокрема, для умов ПАТ «Бродівський ЗСЗМ» (м. Броди Львівської області) сумарна добова тривалість охолодження молока-сировини коливається в межах – 155...750 год. Сумарне добове споживання електроенергії – 1395...8513 кВт. год. Сумарне добове споживання води – 6...18 м³. Сумарний добовий шлях автоцистерн – 386...1554 км. Сумарна добова тривалість використання автоцистерн – 12,5...50,8 год. Сумарний добовий вантажообіг автоцистерн – 628...2770 т·км.

Аналіз окремих варіантів змісту і часу виконання ЗТР у заданій ЛСЗМ показує, що для дворазового транспортування молока-сировини порівняно із одноразовим забезпечується зниження сумарної добової тривалості охолодження молока-сировини – 1,2...1,65 разів. В той же час, зростають сумарне добове споживання електроенергії – 1,28...1,7 рази та сумарне добове споживання води – 1,38...2 рази. При цьому, забезпечується зростання: сумарного добового пробігу автоцистерн – у 1,31...1,73 рази; сумарної добової тривалості використання автоцистерн – у 1,22...1,61 рази; сумарного добового виконаного вантажообігу – у 1,31...1,57 рази.

За організації триразового транспортування молока-сировини порівняно із одноразовим забезпечується зниження сумарної добової тривалості охолодження – 1,67...2,4 рази, зростання сумарних добового споживань електроенергії і води у – 1,96...2,71 та 1,9...3 рази відповідною. Зростання показників виконання транспортних робіт: сумарного добового пробігу автоцистерн – у 1,69...2,46 рази; сумарної добової тривалості використання автоцистерн – у 1,52...2,19 рази; сумарного добового виконаного вантажообігу у 1,5...1,84 рази.

Отримані залежності (рис. 4) лежать в основі обґрунтування ефективного варіанту змісту та часу виконання ЗТР у заданій ЛСЗМ. На їх основі визначаються вартісні показники виконання ЗТР у ЛСЗМ. Зокрема, виконується вибір ефективного варіанту змісту ЗТР у ЛСЗМ.

Отже, проведені дослідження враховують мінливість добових обсягів заготівлі молока від окремих господарств, стохастичні тривалості виконання ЗТР, а також обґрунтовані можливі варіанти їх змісту. Отримані результати будуть корисними для менеджерів, які виконують планування у ЛСЗМ та їх проектування. Обґрунтовані закономірності зміни показників виконання ЗТР пришвидшать виконання управлінського процесу прийняття рішень та підвищать його якість. Подальші дослідження слід проводити стосовно

розроблення інформаційної системи підтримки прийняття рішень у ЛСЗМ. Це дасть можливість вирішувати управлінську задачу узгодження ЗТР з добовими обсягами надходження молока-сировини у ПЗ за різних виробничих умов (окремих регіонів різних держав).

7. Висновки

1. Розроблений алгоритм узгодження змісту виконання робіт у ЛСЗМ із виробничими умовами передбачає виконання одинадцяти обґрунтованих управлінських операцій (рис. 1). Виконані на його основі дослідження, на відміну від існуючих, враховують прогнозовану мінливість добових обсягів заготівлі молока від окремих господарств, стохастичні тривалості виконання ЗТР, а також обґрунтовані можливі варіанти їх змісту.

2. Запропонована імітаційна модель базується на розроблених блок-схемі та алгоритмі імітаційного моделювання виконання ЗТР за різних варіантів їх змісту. Блок-схема складається із 12 блоків, які базуються на обґрунтованих методах, моделях та методиках узгодження ЗТР з добовими обсягами надходження молока. Блоки 1–3 забезпечують формування бази даних, 4 – вибір варіантів ЗТР, 5 – визначення показників робіт у ПЗ, 6–9 – визначення показників виконання транспортних робіт, 10–12 – збереження та вивід результатів моделювання. Імітаційна модель передбачає прогнозування мінливих добових обсягів заготівлі молока від окремих господарств. У моделі закладено обґрунтовані залежності тривалості виконання ЗТР від обсягів заготівлі молока, розподіли тривалостей виконання ЗТР, а також можливі варіанти їх змісту. Запропоновану модель перевірено на адекватність за парним t -критерієм. Експериментальні та змодельовані значення тривалостей обслуговування окремих маршрутів не перевищують 2,9 %, що свідчить про адекватність розробленої моделі реальним процесам заготівлі молока.

3. На підставі імітаційного моделювання виконання ЗТР у ЛСЗМ встановлено їх показники. До цих показників належать тривалість охолодження молока в ПЗ та тривалість транспортних робіт, обсяг споживання води та електроенергії ПЗ, пройдений шлях та виконаний вантажообіг автоцистернами. Їх кількісне значення залежать від змісту виконання робіт та сезонності заготівлі молока. Встановлено, що впродовж календарного року у заданій ЛСЗМ зміст виконання ЗТР та виробничі умови значно впливають на їх показники, кількісне значення яких змінюється у 1,2...3 рази. Це свідчить про доцільність щодобового узгодження змісту виконання робіт у заданій ЛСЗМ із виробничими умовами.

Література

1. Про молоко та молочні продукти: Закон від 24.06.2004 № 1870-IV. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1870-15>
2. Серія стандартів ISO9000. Офіційні документи. URL: <http://staratel.com/iso/ISO9000/Doc/index.html>

3. Individual goals and social preferences in operational decisions / Hofstra N., Dullaert W., De Leeuw S., Spiliotopoulou E. // *International Journal of Operations & Production Management*. 2019. Vol. 39, Issue 1. P. 116–137. doi: <https://doi.org/10.1108/ijopm-11-2016-0690>
4. Akkerman R., van Donk D. P. Analyzing scheduling in the food-processing industry: structure and tasks // *Cognition, Technology & Work*. 2009. Vol. 11, Issue 3. P. 215–226. doi: <https://doi.org/10.1007/s10111-007-0107-7>
5. Fransoo J. C., Wiers V. C. S. Action variety of planners: Cognitive load and requisite variety // *Journal of Operations Management*. 2006. Vol. 24, Issue 6. P. 813–821. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.09.008>
6. Bodies of Knowledge for Research in Behavioral Operations / Bendoly E., Croson R., Goncalves P., Schultz K. // *Production and Operations Management*. 2009. Vol. 19, Issue 4. P. 434–452. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2009.01108.x>
7. Improved Collaborative Transport Planning at Dutch Logistics Service Provider Fritom / Buijs P., Alvarez J. A. L., Veenstra M., Roodbergen K. J. // *Interfaces*. 2016. Vol. 46, Issue 2. P. 119–132. doi: <https://doi.org/10.1287/inte.2015.0838>
8. Bendul J. C., Knollman M. The human factor in production planning and control: considering human needs in computer aided decision-support systems // *International Journal of Manufacturing Technology and Management*. 2016. Vol. 30, Issue 5. P. 346. doi: <https://doi.org/10.1504/ijmtm.2016.078921>
9. Buijs P., (“Hans”) Wortmann J. C. Joint operational decision-making in collaborative transportation networks: the role of IT // *Supply Chain Management: An International Journal*. 2014. Vol. 19, Issue 2. P. 200–210. doi: <https://doi.org/10.1108/scm-08-2013-0298>
10. Sadler I., Hines P. Strategic operations planning process for manufacturers with a supply chain focus: concepts and a meat processing application // *Supply Chain Management: An International Journal*. 2002. Vol. 7, Issue 4. P. 225–241. doi: <https://doi.org/10.1108/13598540210438962>
11. Levykin V., Chala O. Development of a method for the probabilistic inference of sequences of a business process activities to support the business process management // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 5, Issue 3 (85). P. 16–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142664>
12. Liotta G., Stecca G., Kaihara T. Optimisation of freight flows and sourcing in sustainable production and transportation networks // *International Journal of Production Economics*. 2015. Vol. 164. P. 351–365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.016>

13. Methodology of Selection of Heavy and Oversized Freight Transportation System / Petraška A., Čižiūnienė K., Prentkovskis O., Jarašūnienė A. // *Transport and Telecommunication Journal*. 2018. Vol. 19, Issue 1. P. 45–58. doi: <https://doi.org/10.2478/ttj-2018-0005>
14. Optimal road route selection criteria system for oversize goods transportation / Bazaras D., Batarlienė N., Palšaitis R., Petraška A. // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. 2013. Vol. 8, Issue 1. P. 19–24. doi: <https://doi.org/10.3846/bjrbe.2013.03>
15. Особливості ситуаційного управління змістом та часом виконання робіт у інтегрованих проектах аграрного виробництва / Сидорчук О. В., Тригуба А. М., Панюра Я. Й., Шолудько П. В. // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2010. Т. 1, № 2 (43). С. 46–48. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2507/2295>
16. Тригуба А. М., Рудинець М. В. Узгодження робіт у інтегрованих проектах молочарства // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2011. Т. 1, № 6 (49). С. 13–16. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2373/2175>
17. Узгодження параметрів транспортних засобів системи централізованої заготівлі сільськогосподарської продукції із виробничими умовами адміністративного району / Сидорчук О. В., Тригуба А. М., Луб П. М., Шарибура А. О. // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2016. № 1 (5). С. 148–152.
18. Examining the effect of production conditions at territorial logistic systems of milk harvesting on the parameters of a fleet of specialized road tanks / Tryhuba A., Zachko O., Grabovets V., Berladyn O., Pavlova I., Rudynets M. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 5, Issue 3 (95). P. 59–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142227>
19. Identification of firefighting system configuration of rural settlements / Tryhuba A., Ratushny R., Bashynsky O., Shcherbachenko O. // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 247. P. 00035. doi: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201824700035>
20. Системно-ціннісні засади управління інтегрованими програмами розвитку молочарства на основі моделювання / Тригуба А. М., Шолудько П. В., Сидорчук Л. Л., Боярчук О. В. // *Вісник НТУ «ХП»*. 2016. № 2 (1174). С. 103–107. doi: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2016.1174.23>