

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет електротехнічний
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Петриги Олександра Олександровича
(ПІБ)

академічної групи 151М-20-1
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)

на тему Дослідження та синтез системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Теоретичний розділ	доц. Соснін К.В.			
Синтез системи	доц. Бубліков А.В.			
Експериментальний розділ	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічний розділ	ст.викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бубліков А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра

студенту Петрига О.О. академічної групи _____ 151М-20-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Дослідження та синтез системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15 листопада 2021 № 969-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	Вересень 2021
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	Жовтень 2021
Синтез системи	Розрахувати систему із застосуванням методів, приведених у теоретичному розділі, за допомогою яких будуть проводитися дослідження	Жовтень 2021
Експериментальний	Розробити програмну модель системи, сформулювати завдання та обґрунтувати методику експерименту. Результати експерименту подати у вигляді таблиць та графіків.	Листопад 2021
Економічна частина	Економічно обґрунтувати доцільність витрат на створення та дослідження системи керування	Грудень 2021
Охорона праці	Розробити організаційно-технічні заходи, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи	Грудень 2021

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

доц. Соснін К.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Петрига О.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 73 с., 24 рис., 7 табл., 2 додатки, 7 джерел.

Об'єкт дослідження: система керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів.

Предмет дослідження: методи, моделі та інформаційне забезпечення системи передачі даних зернозбиральних комбайнів.

Мета: підвищення ефективності системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів шляхом визначення залежності зміни значень показників ефективності системи при зміні кількості зернозбиральних комбайнів, продуктивності сервера.

Технологічні датчики, що розташовані на зернозбиральному комбайні забезпечують вимірювання та передачу на сервер таких показників як: вологість зерна, кількість зерна зібраного комбайном, кількість азоту на полі, катування поля з вказанням нерівностей ландшафту.

Для математичного представлення роботи комп'ютерної системи контролю роботи зернозбиральних комбайнів обрано метод систем масового обслуговування з необмеженою чергою. Для оцінки ефективності мережі передачі даних комп'ютерної системи контролю збиральних комбайнів при розрахунку та моделюванні використано наступні показники: λ - інтенсивність надходження команд; μ - продуктивність /інтенсивність обслуговування сервера; ρ - інтенсивність навантаження системи; L - середня кількість команд у черзі; $T_{\text{сист}}$ - середній час знаходження команди у системі.

Розрахунок похибки моделювання на прикладі показника середня кількість команд у черзі/довжина черги як різниці між результатами розрахунку та результатами моделювання, підтверджує високий ступінь достовірності виконаних досліджень.

СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ПЕРЕДАЧА ДАНИХ,
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

SUMMARY

Explanatory note: 73 p., 24 figures, 7 tables, 2 annexes, 7 sources.

Object of research: data transmission control system for combine harvesters positioning

The subject of research: methods, models and information support of the data transmission system of combine harvesters.

Goal: to increase the efficiency of the data control system of combine harvesters by determining the dependence of changes in the values of system efficiency indicators when changing the number of combine harvesters, server performance.

For the mathematical representation of the work of the computer control system of the work of the combine harvester turning the apparatus of queuing systems. The following indicators were used to assess the effectiveness of the data transmission network of a computer control system of a combine harvester when calculating and modeling:

λ - the intensity of the incoming commands;

μ - server performance / intensity;

ρ is the system load intensity;

L is the average number of messages in the queue;

T_{sys} - the average time the message is in the system

The calculation of the error of the average number of teams in the queue / queue length as the difference between the calculation results and the simulation results, confirms the high degree of reliability of the research.

THEORY OF QUEUE, DATA TRANSMITTE, CONTROL SYSTEM

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1	Стан питання і постановка завдання	9
1.1	Характеристика галузі	9
1.2	Технологічний процес	10
1.3	Об'єкт керування	11
1.4	Структура системи керування	15
1.5	Формулювання задачі дослідження	16
1.6.	Висновки по розділу	17
2	Теоретичний розділ	18
2.1	Загальна характеристика об'єктів дослідження	18
2.2	Модель системи передачі даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером	18
2.3	Модель системи передачі даних зернозбиральних комбайнів з двома серверами	21
2.4	Висновки по розділу	23
3	Синтез системи керування	25
3.1	Розрахунок системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером	25
3.1.1	Розрахунок системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером підвищеної продуктивності	26
3.2	Розрахунок системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером з двома серверами	28
3.3	Висновки по розділу	30
4	Експериментальний розділ	31
4.1	Імітаційне моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером	31
4.1.1	Імітаційне моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером підвищеної продуктивності	35
4.2	Імітаційне моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з двома серверами	39
4.3	Висновки по розділу	42
5	Економіка	44

5.1	Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	44
5.2	Розрахунок експлуатаційних витрат	48
5.3	Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування	52
5.4	Оцінка економічної ефективності проекту	53
5.5	Висновки по розділу	55
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	56
6.1	Розробка системи безпечної праці за ергономічним критерієм	56
6.2	Розробка системи безпечної праці механізаторів-комбайнерів	61
6.3	Освітленість	65
6.4	Безпека у надзвичайних ситуаціях	68
6.5	Висновки по розділу	70
	ВИСНОВКИ	71
	Перелік посилань	73
	Додаток А	
	Додаток Б	

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку технології збирання врожаю є застосування систем передачі даних при позиціюванні, роботі комбайнів – комплексів датчиків та контролерів, інтегрованих в зернозбиральні комбайни. Згідно зі стандартами якості зерна, що зберігається у елеватору, комбайн має передати значення параметрів вологості (8-16% - згідно з типу культури) та ступеню пошкодження зерна.

Комбайн служить для збирання та сепарації зібраного врожаю від рослинної домішки, в той час як системи контролю комбайнів передають до облікового центру показники стану поля, а саме: вологість культури, рівень азоту ґрунту, щільність схожості на гектар, та служать навігаційною системою для оператора. Для збиральних комбайнів характерні занурення жнивarki у ґрунт, забір вологої хлібної маси, перевантаження системи обмолочування, пов'язані з обмеженою пропускнуою спроможністю жнивarki або з великою швидкістю комбайну. При цьому, існує перевитрата палива, додатковий знос жнивarki та двигуна. Крім того, крім того частина рослин не буде оброблена, а, отже, виникають втрати цінного врожаю та збільшуються строки збирання.

Втім, існуючі методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні передачею даних від зернозбиральних комбайнів не має гнучкості при зміні кількості комбайнів. Отже, створення універсальних методів, моделей та інформаційного забезпечення для керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів є **актуальною науково–технічною задачею**, розв'язання якої забезпечує підвищення ефективності агрономічних операцій.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів шляхом визначення залежності зміни значень показників ефективності системи при зміні кількості зернозбиральних комбайнів, продуктивності сервера.

Об'єкт дослідження – система керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів.

Предмет дослідження – методи, моделі, інформаційне забезпечення автоматизації процесу передачі даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використовувалися системний аналіз та системний підхід, теоретичні методи побудови математичних моделей систем масового обслуговування. Оцінка ефективності проведена за допомогою використання методів систем масового обслуговування, математичної статистики.

Наукова новизна розроблено моделі системи передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів на основі методів систем масового обслуговування з необмеженою чергою з використанням показників ефективності.

Наукове положення довжина черги на обробку запитів сервером зворотно пропорційна продуктивності серверу або кількості серверів і прямо пропорційна кількості зернозбиральних комбайнів, має межове значення на рівні 8-9 зернозбиральних комбайнів. Подальше збільшення зернозбиральних комбайнів призводить до кратного, на порядок, збільшення довжини черги, що вимагає підвищення продуктивності серверу, або збільшення кількості серверів.

Практичне значення роботи полягає в тому, що встановлені залежності системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів дозволяють обрати раціональний режим роботи системи обліку роботи зернозбиральних комбайнів. Це забезпечить якість обліку роботи сільськогосподарської техніки та водіїв, що є основою до зниження витрати палива, підвищення моторесурсу комбайнів, скорочення агрономічних строків збирання врожаю, оновлення та корекції карти полів. Така система допомагає проаналізувати рентабельність комбайнів, сівалок, посівних матеріалів та добрив.

1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1. Характеристика галузі

Широке впровадження систем контролю збиральних комбайнів в полях під час збирання є одним з найважливіших факторів підвищення технічного рівня і ефективності сільського господарства. Збирання комбайнами врожаю з інтегрованою системою контролю за техніко-економічними показниками, і за капітальними витратами – є найоптимальнішим рішенням для швидкого та щадного збирання хлібу з його подальшою здатністю до посіву, а також для ефективного менеджменту ресурсів сільського господарства.

Сільськогосподарські поля мають складний рельєф, різний рівень щільності посіву, та не чітку форму площини. Усі ці параметри мають бути враховані під час збирання, також зростання кількості врожаю спричинило використання груп комбайнів на одній ділянці полів.

Однак в даний час застосування таких груп без систем контролю комбайнів характеризується вкрай низькою ефективністю, приблизно 65..73% за продуктивністю, і 77... 84% за часом. Низька ефективність використання таких груп зумовлена тим, що ці комбайни практично не координуються і працюють нерівномірно. Так кожний окремо розглянутий комбайн може мати різницю в 25-40% від іншого за обробленою площиною та 33-42% за обсягом зібраної маси. Численні спостереження, виконані на базі підприємства «Агро-Овен» Кіровоградської області, показали, що координування між операторами комбайнів без системи контролю взагалі може бути відсутнім, тому що немає жорстко закріпленого оператора на одну машину – один комбайн міг виїхати на поле тільки зі стоянки, в той час як інший переїхати з іншого поля, внаслідок чого їх праця стає не організованою, продуктивність падає, а зекономлений час не виправдовується витратами та затримками.

1.2. Технологічний процес

Як приклад зернозбирального комбайну розглянемо комбайн Deutz-Fahr 6095 HTS (рис. 1.1) призначений для збирання та сепарації хлібної маси. Комбайн складається з жнивarki, системи обмолочування та розвантажувального пристрою, обладнаний елеватором. Жнивarka живиться за рахунок Валу відбору потужності який передає зусилля через гідравліку від двигуна комбайна. Керується через монітор керування – X35. Система обмолочування приводиться через систему ременів які передають зусилля від двигуна. Вона також налаштовується/ керується через монітор керування. Моделі 6090 I 6090 HTS I 6095 HTS з шістьма соломотрясами досягають максимальних показників в області зернозбиральних комбайнів завдяки їх унікальним характеристикам. Максимальні експлуатаційні характеристики за будь-яких типах збору, очищення, збереження зерна, економічності експлуатації і легкості техобслуговування.

Розвантажувальний пристрій призначений для розвантаження врожаю до трактору з причепом.

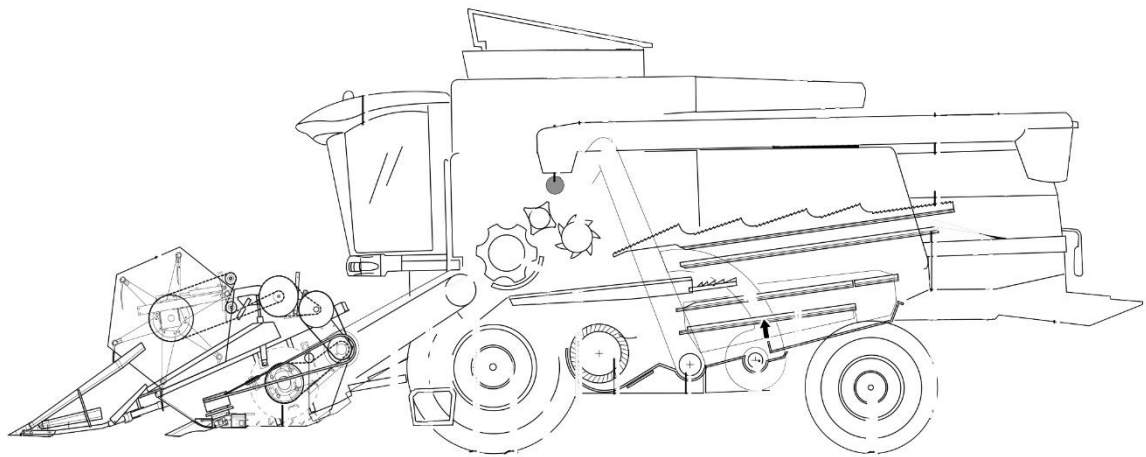


Рисунок 1.1 – Схема устрою комбайну Deutz-Fahr 6095 HTS

Таблиця 1.1 Технічні характеристики комбайну Deutz-Fahr 6095 HTS

Параметр	Величина
Робоча ширина жнивarki, м	7,2
Частота обертання мотовила, об./хв.	8-120
Потужність двигуна, к.с.	365
Регулюєма частота барабану об./хв.	420-1250
Ємність бункеру, л.	8500
Частота обертання турбо-сепаратора, об./хв	410-775
Кількість клавiш соломотрясу, шт	6

1.3 Об'єкт керування

Системи контролю збиральних комбайнів набуває все більшого поширення на вітчизняних та зарубіжних сільських господарствах та Агро холдингах. В Україні такі системи тільки набирають обертів, але вже ефективно застосовуються для контролю телеметричних показників машин, надточного авто пілотованого збирання врожаю, створення та оновлення карт полів з фіксуванням рівня азоту на всіх їх ділянках. Ця система являє собою комплекс обладнання розміщеного у корпусі комбайну, RTK- базову геодезичну станцію розташовану поблизу комбайну (радіус дії 30 км), та обробляючий інформацію сервер.

Основними параметрами, за якими можна судити про ефективність застосування та працездатність цієї системи це швидкість передавання інформації між сервером та комбайнами, та швидкість її обробки сервером, а також кількість комбайнів яку може обслуговувати сервер за одну одиницю часу.

Комбайн має великі габарити, жнивarka яку використає комбайн у дипломному проекті має ширину 7,2 метри, це робить процес збирання складним, ще складнішим його робить той факт що поле має безліч нерівностей обробити які може тільки найдосвідченіший оператор, також на великих ділянках працюють декілька комбайнів які повинні опрацювати однакову кількість ділянки для того щоб моторесурс витрачався рівномірно у машин. Для

цього система використовує гідравлічний привід який повертає руль точно як йому передає система керування. GNSS-приймач встановлений на даху кабіни комбайну – приймає радіо-сигнал від RTK-станції, яка через GPS-сигнал оновлює місцезнаходження комбайну у полі, та корегує напрямок руху комбайну накладаючи оновлену інформацію на карту поля що знаходиться у системі керування. Такий алгоритм робить авто пілотування комбайна – надточним, маючи похибку не більше 2 см. Паралельно з авто водінням, датчик азоту вмонтований у платформу кабіни фіксує рівень азоту, а датчик вологості рівень вологи зерна у транспортній камері та передають його до контролеру ECU YM-1, який далі передає дані до консолі керування разом з даними о нерівностях ландшафту що визначаються гіроскопами, інтегрованими до корпусу контролера. Консоль передає дані через радіо канал до RTK-базової станції яка направляє дані до серверу через GSM сигнал. Сервер обробляє дані та передає зворотній сигнал до комбайну. В залежності від налаштувань та вибору комплектації серверу, він може обробляти сигнали з різних полів які обслуговуються різними RTK-станціями, порядок обробки цих даних при створенні черги – FIFO.

1.3.1. Загальні відомості про системи контролю комбайнів Topcon Yield Track

Системи контролю комбайнів – інтелектуальне рішення для картування полів, моніторингу врожайності та контролю збиральних комбайнів на базі електронно-технічного комплексу. Цей комплекс (Рисунок – 1.2) складається з набору датчиків вологи, рівню азоту, рівню зернової маси, підйому жнивarki, контролеру YM-1, гідравлічного мотору рульового керування, GNSS-приймача рульового керування, монітору керування та RTK-базової станції.

Ця система контролює працю усіх комбайнів на різних полях за їх телеметричними показниками: рівень палива, навантаження, збії системи. Має здатність проводити поточний моніторинг врожайності, забезпечує точне автопілотування комбайну (відхилення 2-3 см). Створює карти полів з

врахуванням рівню азоту та нерівностей рельєфу для майбутньої обробки ґрунту та посіву культур.

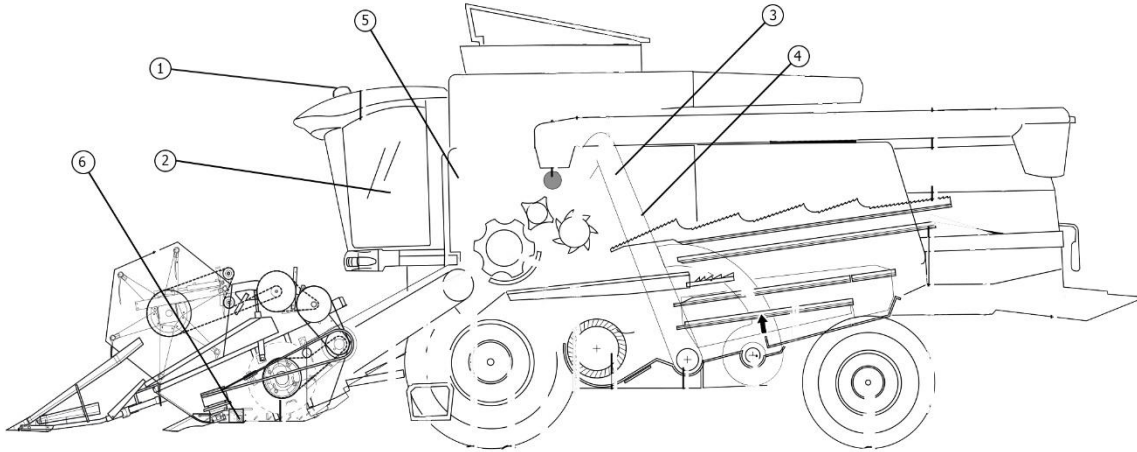


Рисунок 1.2 – Комплекс YieldTrack інтегрований у комбайн Deutz-Fahr, де 1-GNSS-приймач AGI-4; 2-монітор керування X35; 3-датчик вологості AS-4; 4-оптичний датчик; 5-контролер YM-1; 6-датчик підйому жниварки.

Компоненти комплексу YieldTrack (Рисунок 1.2):

- GNSS-приймач AGI-4 дводіапазонний GPS приймач з інтерфейсом RS 232;
- RTK геодезична базова станція прийому супутникового сигналу та його передачі за радіо-каналом;
- контролер ECU YM-1 оснащений гіроскопами для фіксування та відзначення їх на карті, та вихідним інтерфейсом RS 232;
- цифровий датчик вологості AS-4;
- оптичний датчик рівню зерна в елеваторі;
- сенсорний монітор (консоль) керування X35 з інтерфейсом RS 232.

Таблиця 1.2 – Перелік вхідних/ вихідних сигналів

№ п.п.	Найменування вимірювальної величини	Ідентифікатор	Напрямок вхід/ вихід	Функція	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (розрядність, діапазон)		Період вводу /виводу
						Зовнішня	Внутрішня	
1	Вологість зерна	W1	вхід	контроль	мікрохвильовий датчик	0...35%	16 біт	100 мс
2	Перетин порогу навантаження	ST	вхід	контроль	Оптичний дискретний	0\1	1 біт	50 мс
3	Рівень азоту	N	вхід	контроль	оптичний	0.00-0.99	16 біт	100 мс
4	Місцезнаходження комбайну у полі	G	вихід	Передавання даних\ контроль	GNSS приймач	Координати DD.DDDDD	48 біт	200 мс

В той час як зернозбиральні комбайни виходять в поле, в їх моніторах керування вже задані попередні налаштування – культура що збирається та ділянки які будуть оброблені, безпосередньо окремою машиною. Під час праці монітор керування може корегувати швидкість обертання мотовила у жнивварці (8-120 об./хв.), інтенсивність обмолочування зерна – залежно від параметрів що надходять від датчиків. А саме, вологість зернової маси яку заміряє датчик вологості AS-4 та передає до консолі, рівень намолоченого зерна який замірюється оптичним датчиком встановленим на елеваторі комбайну, потім цей сигнал конвертується системою YieldTrack та показує вагу намолоченого зерна. Датчик підйому жатки вимикає картування під час розвороту та роботи в холостому режимі. Всі датчики передають сигнали та цифрову інформацію до консолі через контролер YM-1. Консоль формує пакет інформації та передає через GSM-сигнал до серверу – що знаходиться у обліковому центрі. Також консоль може формувати звіт в XML форматі і перенести його на USB-накопичувач. Автопілотування забезпечує GNSS-приймач, який приймає GPS-сигнал та через радіо-канал корегується RTK станцією, це зменшує похибки до значень в 2-3 сантиметри. Сигнал обробляється монітором керування X35 та приводить гідромотор закріплений на кермі комбайну до кутового руху для руління машиною. В цей час консоль фіксує координати та накладає їх на карту, гіроскопи

вмонтовані до контролеру YM-1 фіксують нахили та нерівності на геопозиції де проходить комбайн. Таким чином рельєф полів оновлюється на картах.

На моніторі керування відображуються інші комбайни що працюють в полі, при цьому система автопілотування обчислює траєкторії розворотів цих машин і не дозволе спричинити аварію або залишити не оброблені фрагменти полів – навіть на не правильної форми ділянки поля.

1.4. Структура системи керування

Сервер служить для зберігання карт, та телеметричних даних комбайнів. Це головний вузол комп'ютерної системи контролю комбайнами.

Головною умовою, що характеризує вибір обладнання для організації серверу це його продуктивність. Цей параметр повинен бути більшим ніж плановане навантаження на нього, задля безумовною швидкості обробки даних та передавання зворотного сигналу комбайну.

Через недостатню продуктивність сервера, консоль керування буде намагатися повторно передати пакет даних, затримуючи більш актуальні дані у оперативній пам'яті, що неминуче призведе до погіршення якості авто пілотування.

У складі комп'ютерної системи (Рисунок 3.1):

- GNSS-приймач AGI-4 дводіапазонний GPS приймач з інтерфейсом RS 232;
- RTK геодезична базова станція прийому супутникового сигналу та його передачі за радіо-каналом;
- контролер ECU YM-1 оснащений гіроскопами для фіксування та відзначення їх на карті, та вихідним інтерфейсом RS 232;
- цифровий датчик вологості AS-4;
- оптичний датчик рівню зерна в елеваторі комбайну;
- сенсорний монітор (консоль) керування X35 з інтерфейсом RS 232.

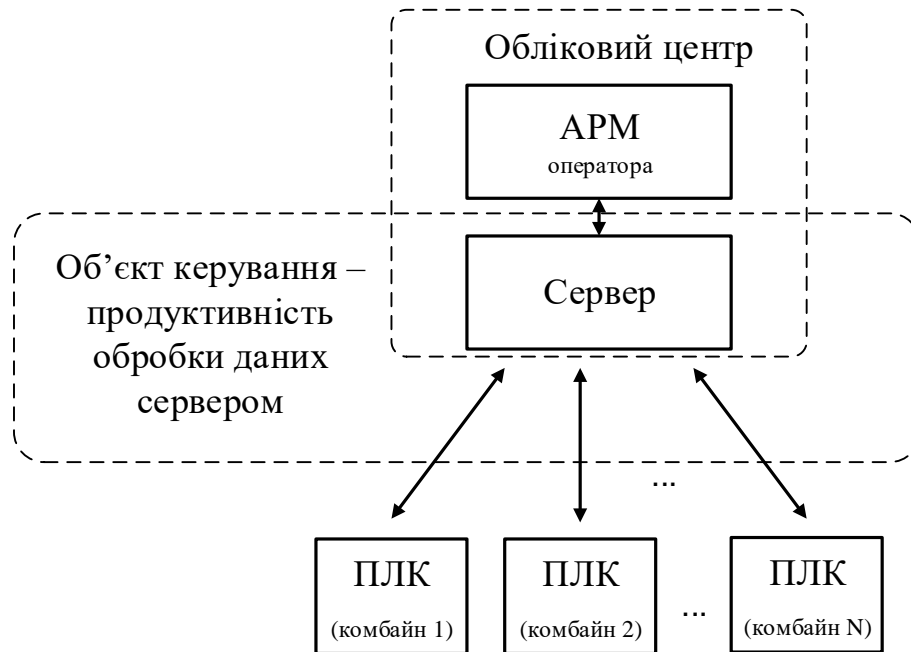


Рисунок 1.3 – Структура системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів

Обчислив та налаштувавши правильно сервер, можна забезпечити його найефективніше функціонування та створити резерв для майбутнього розширення парку техніки, яку потрібно буде також обслуговувати цьому серверу.

1.5. Формулювання задачі дослідження

Сучасний процес збирання врожаю являє собою процес скоординованої дії груп збиральних комбайнів на одній ділянці поля. Під час такої праці виникає потреба в рівномірному навантаженні кожної машини та однакового часу праці усіх машин для виключення простоїв окремих одиниць та оперативного переїзду на іншу ділянку. Проблема таких заходів заснована на не здатності координування між комбайнами та велику ймовірність нерівномірного навантаження окремих одиниць групи. Що тягне за собою великі витрати пального, велику кількість часу обробки ділянки, ймовірність залишити необроблені фрагменти поля.

Таким чином завданням автоматизації комбайнів є точність прокладання маршрутів кожного комбайну в складі групи, оновлення карти полів, та

корегування системи збирання згідно показників щільності зростання та вологості.

Система керування передачею даних збиральними комбайнами дозволяє забезпечувати під час роботи зниження витрат пального та моторесурсу машин, скорочення строків збиральної кампанії, також надає змогу вести точний менеджмент ресурсів господарства, та підвищує економічну ефективність.

Мета роботи є підвищення ефективності системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів шляхом визначення залежності зміни значень показників ефективності системи при зміні кількості зернозбиральних комбайнів, продуктивності сервера.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) Обрати метод моделювання комп'ютерної системи контролю роботи зернозбиральних комбайнів. Обґрунтувати показники ефективності роботи системи передачі даних між комбайнами та сервером облікового центру;
- 2) Виконати розрахунок моделі системи передачі даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів. Виконати дослідження зміни показників ефективності роботи системи при впливі збурення;
- 3) Виконати симуляцію моделі комп'ютерної системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів;
- 4) Розрахувати економічний ефект від впровадження системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів.
- 5) Розробити інженерно-технічні заходи відповідно до вимог охорони праці.

1.6. Висновки по розділу

Виконано огляд технологічного процесу та системи керування передачею даних. Об'єктом керування є продуктивність обробки даних сервером для забезпечення показників ефективності системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальна характеристика об'єкту дослідження

2.1.1. Обґрунтування і вибір методу дослідження

Імітаційне моделювання є важливим етапом проектування систем. На цьому етапі виконується аналіз властивостей з метою перевірки відповідності технологічним вимогам, уточняється структура системи автоматичного керування. Моделювання проводять для того, щоб оцінити коректність прийнятих при математичному описі системи припущень.

Для вирішення основного завдання дослідження – синтезу системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів необхідно скласти імітаційну модель обробки сервером запитів що надходять від комбайнів, виявити залежність між продуктивністю та кількістю серверів та кількістю комбайнів, які граничні показники цих залежностей.

Модель буде реалізована у програмному середовищі AnyLogic, що є інтерактивним інструментом для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем. Він дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти.

2.2. Модель системи передачі даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером

Вихідними даними при виконанні дослідження є кількість серверів, що отримують, обробляють, зберігають данні технологічного процесу; час виконання сервером однієї команди читання / запису даних при обміну даними з збиральними комбайнами; кількість комбайнів; періодичність читання /запису даних при обміну даними з комбайнами.

Для розрахунку показників ефективності роботи доцільно представити систему керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів системою масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою з одним каналом обслуговування. Потік команд між сервером та комбайнами простіший з інтенсивністю λ ; продуктивність/інтенсивність обслуговування сервера μ . Таким чином в середньому безперервно зайнятий сервер буде виконувати $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ команд в одиницю часу. Час виконання команди сервером – випадкова величина, що підпорядковується показниковому закону розподілення. Потік виконання команд сервером є простіший пуасоновський потік подій. Команда, що поступила у момент коли сервер зайнято стає у чергу та чикає виконання. У якості показників ефективності системи масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою та одним каналом обслуговування будемо розглядати:

A - абсолютна пропускна здатність;

Q - відносна пропускна здатність;

$P_{отк}$ - ймовірність відмови;

$L_{сист}$ - середня кількість команд, що знаходиться у системі;

$T_{сист}$ - середній час знаходження команди у системі;

$L_ч$ - середня довжина черги;

$T_ч$ - середній час очікування у черзі.

Граф станів системи з одним сервером представлено на рис.2.1.

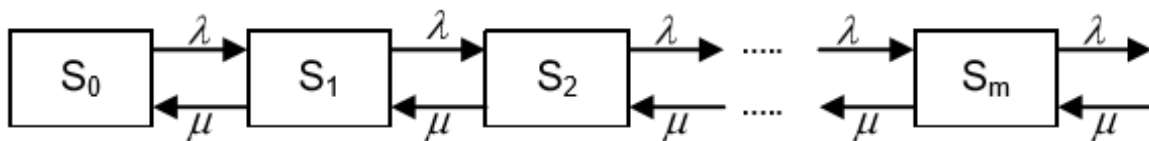


Рисунок 2.1– Система масового обслуговування з необмеженою чергою та одним сервером

S - сервер вільний;

S_1 -сервер зайнято, но черга відсутня;

S_2 -сервер зайнято, у черзі знаходиться одна команда;

S_3 -сервер зайнято, у черзі знаходиться дві команди;

.....

S_m - сервер зайнято, у черзі знаходиться всі m команд.

Оскільки обмеження на довжину черги відсутні, тому ймовірність обслуговування ($P_{обс}$) дорівнює одиниці $P_{обс}=1$, що означає, що відносна пропускна здатність (Q) дорівнює одиниці $Q = P_{обс}=1$, а абсолютна пропускна здатність (A) дорівнює $A = \lambda Q = \lambda$.

Граничні ймовірності станів розраховується згідно формули:

$$P_m = \rho^m(1 - \rho), \quad (2.1)$$

де, $m=0,1,2,3\dots$

ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість команд у черзі:

$$L_{ч} = \frac{\rho^2}{1-\rho}, \quad (2.2)$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість команд у системі:

$$L_{сист} = L_{ч} + \rho = \frac{\rho}{1-\rho}, \quad (2.3)$$

де $L_{ч}$ - середня кількість команд у черзі;

λ - інтенсивність навантаження системи.

Середній час очікування виконання команди у черзі:

$$T_{ч} = \frac{L_{ч}}{\lambda}, \quad (2.4)$$

Середній час знаходження команди у системі:

$$T_{сист} = \frac{L_{сист}}{\lambda}, \quad (2.5)$$

де $T_{сист}$ - середній час знаходження команди у системі;

$L_{сист}$ - середня кількість команд у системі.

Якщо $\lambda > \mu$, то черга буде постійно збільшуватися. Найбільший інтерес представляє система масового обслуговування при $\lambda < \mu$.

2.3. Модель системи передачі даних зернозбиральних комбайнів з двома серверами

Для розрахунку показників ефективності роботи доцільно представити систему керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів системою масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою з двома каналами обслуговування. Потік команд між серверами та комбайнами простіший з інтенсивністю λ ; продуктивність/інтенсивність обслуговування сервера μ . Таким чином в середньому безперервно зайнятий сервер буде виконувати $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ команд в одиницю часу. Час виконання команди сервером – випадкова величина, що підпорядковується показниковому закону розподілення. Потік виконання команд сервером є простіший пуасоновський потік подій. Команда, що поступила у момент коли сервер зайнято стає у чергу та чикає виконання. У якості показників якості системи масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою та одним каналом обслуговування будемо розглядати:

A - абсолютна пропускна здатність;

Q - відносна пропускна здатність;

$P_{отк}$ - ймовірність відмови;

P_{μ} - ймовірність створення черги;

$L_{сист}$ - середня кількість команд, що знаходиться у системі;

$T_{сист}$ - середній час знаходження команді у системі;

$L_{ч}$ - середня довжина черги;

$T_{ч}$ - середній час очікування у черзі;

k_3 - середня кількість зайнятих серверів.

Граф станів системи з двома серверами представлено на рисунку 2.2.

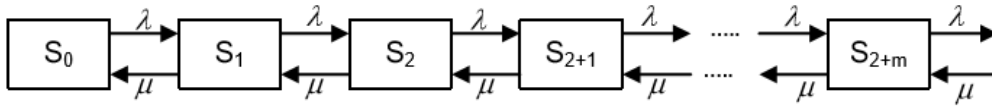


Рисунок 2.2 – Система масового обслуговування з необмеженою чергою та двома серверами

S_0 - сервер вільний, $k=0$;

S_1 - сервер зайнято, но черга відсутня, $k=1$;

S_2 - сервер зайнято, у черзі знаходиться одна команда, $k=2$;

S_{2+1} - сервер зайнято, у черзі знаходиться дві команди, $k = 2+1$;

.....

S_{2+m} - два сервери зайнято, у черзі знаходиться всі m команд, $k = 2+m$.

Оскільки обмеження на довжину черги відсутні, тому ймовірність обслуговування ($P_{обс}$) дорівнює одиниці $P_{обс}=1$, що означає, що відносна пропускна здатність (Q) дорівнює одиниці $Q = P_{обс} = 1$, а абсолютна пропускна здатність (A) дорівнює $A = \lambda Q = \lambda$.

Граничні ймовірності станів розраховується згідно формули:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1}{(n-\rho)} \right)^{-1}; P_1 = \rho \cdot P_0; P_2 = \frac{\rho^2}{2!} \cdot P_0,$$

$$P_{2+1} = \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} \cdot P_0; P_{2+m} = \frac{\rho^{2+m}}{2^m \cdot 2!} \cdot P_0, \quad (2.6)$$

де, $n=0,1,2,3\dots$

ρ - інтенсивність навантаження системи.

Ймовірність створення черги:

$$P_q = \frac{\rho^{2+1}}{2!(2-\rho)} \times P_0, \quad (2.7)$$

де, P_0 - ймовірність стану сервери вільні, $k = 0$;

ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість зайнятих серверів:

$$\bar{k}_3 = \frac{A}{\mu}, \quad (2.8)$$

де, A - абсолютна пропускна здатність;

μ - продуктивність/інтенсивність обслуговування сервера.

Середня кількість команд у черзі/довжина черги:

$$L_{\text{ч}} = \frac{\rho^{2+1}}{2 \times 2! (1 - \frac{\rho}{2})^2} \times P_0, \quad (2.9)$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість команд у системі:

$$L_{\text{сист}} = L_{\text{ч}} + \rho, \quad (2.10)$$

де $L_{\text{ч}}$ - середня кількість команд у черзі;

λ - інтенсивність навантаження системи.

Середній час очікування виконання команди у черзі:

$$T_{\text{ч}} = \frac{L_{\text{ч}}}{\lambda}, \quad (2.11)$$

де $L_{\text{ч}}$ - середня кількість команд у черзі;

λ - інтенсивність надходження команд.

Середній час знаходження команди у системі:

$$T_{\text{сист}} = \frac{L_{\text{сист}}}{\lambda}, \quad (2.12)$$

де $T_{\text{сист}}$ - середній час знаходження команди у системі;

$L_{\text{сист}}$ - середня кількість команд у системі.

Якщо $\rho < 2$, то процес роботи серверу стійкий. Якщо $\rho \geq 2$ система не стійка.

2.4. Висновки по розділу

Для математичного опису системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів обґрунтовано вибір методу систем масового обслуговування з необмеженою чергою.

Показниками ефективності роботи системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів є середня довжина черги, середній час очікування у черзі, середня кількість зайнятих серверів, середній час знаходження

команди у системі, середня кількість команд, що знаходиться у системі, ймовірність створення черги, абсолютна пропускна здатність системи, відносна пропускна здатність, ймовірність відмови.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1. Розрахунок системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером

Розрахунок показників ефективності.

Вихідні дані:

Кількість серверів 1 шт;

Інтенсивність λ надходження команд до серверу у секунду – 4 команд/сек;

Інтенсивність μ обробки команд сервером – 5 команд/сек.

Інтенсивність навантаження системи / навантаження системи

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{5} = 0.8, \quad (4.1)$$

Ймовірність, що сервер вільний розраховується згідно формули:

$$P_0 = (1 - \rho) = (1 - 0.8) = 0.2, \quad (4.2)$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Ймовірність, що сервер зайнято, черга відсутня розраховується згідно формули:

$$P_1 = \rho(1 - \rho) = 0.16. \quad (4.3)$$

Ймовірність, що сервер зайнято, у черзі одна команда розраховується згідно формули:

$$P_2 = \rho^2(1 - \rho) = 0.128. \quad (4.4)$$

Ймовірність черги розраховується згідно формули:

$$P_q = 1 - P_0 - P_1 = 0.64. \quad (4.5)$$

Середня кількість команд у черзі:

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = 3.2, \quad (4.6)$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість команд у системі:

$$L_{\text{сист}} = L_{\text{ч}} + \rho = \frac{\rho}{1-\rho} = 4, \quad (4.7)$$

де $L_{\text{ч}}$ - середня кількість команд у черзі;

ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середній час очікування виконання команди у черзі:

$$T_{\text{ч}} = \frac{L_{\text{ч}}}{\lambda} = 0.8, \quad (4.8)$$

де $L_{\text{ч}}$ - середня кількість команд у черзі;

λ - інтенсивність навантаження системи.

Середній час знаходження команди у системі:

$$T_{\text{сист}} = \frac{L_{\text{сист}}}{\lambda} = 1, \quad (4.9)$$

де $T_{\text{сист}}$ - середній час знаходження команди у системі;

$L_{\text{сист}}$ - середня кількість команд у системі.

Абсолютна пропускна здатність:

$$A = \lambda = 4, \quad (4.10)$$

де λ - інтенсивність надходження команд.

Моделювання комп'ютерної системи контролю збиральних комбайнів з числовим програмним керуванням з одним сервером.

Виконаємо розрахунок показників ефективності роботи сервера системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів якщо: у першому варіанті, збільшити у двічі продуктивність роботи одного серверу; у другому варіанті, збільшити кількість серверів системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів до двох, що працюють паралельно для порівняння показників ефективності роботи. Для першого варіанту показники ефективності роботи системи з сервером більшої продуктивності будуть мати наступні значення.

3.1.1 Розрахунок системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером підвищеної продуктивності

Розрахунок показників ефективності.

Вихідні дані:

Кількість серверів 1 шт;

Інтенсивність λ надходження команд до серверу у секунду – 4 команд/сек;

Інтенсивність μ обробки команд сервером – 10 команд/сек.

Інтенсивність навантаження системи / навантаження системи

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{10} = 0.4.$$

Ймовірність, що сервер вільний розраховується згідно формули:

$$P_0 = (1 - \rho) = (1 - 0.4) = 0.6,$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Ймовірність, що сервер зайнято, черга відсутня розраховується згідно формули:

$$P_1 = \rho(1 - \rho) = 0.24.$$

Ймовірність, що сервер зайнято, у черзі одна команда розраховується згідно формули:

$$P_ч = \rho^2(1 - \rho) = 0.096.$$

Ймовірність черги розраховується згідно формули:

$$P_ч = \frac{\rho^{2+1}}{2!(2 - \rho)} \times P_0 = 0.103$$

Середня кількість команд у черзі:

$$L_ч = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = 0.267,$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість команд у системі:

$$L_{\text{сист}} = L_ч + \rho = \frac{\rho}{1 - \rho} = 0.667,$$

де $L_ч$ - середня кількість команд у черзі;

ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середній час очікування виконання команди у черзі:

$$T_ч = \frac{L_ч}{\lambda} = 0.013,$$

де $L_{ч}$ - середня кількість команд у черзі;

λ - інтенсивність надходження команд.

Середній час знаходження команди у системі:

$$T_{\text{сист}} = \frac{L_{\text{сист}}}{\lambda} = 0.033,$$

де $T_{\text{сист}}$ - середній час знаходження команди у системі;

$L_{\text{сист}}$ - середня кількість команд у системі.

Абсолютна пропускна здатність:

$$A = \lambda = 4,$$

де λ - інтенсивність надходження команд.

3.2. Розрахунок системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з двома серверами

Розрахунок показників ефективності.

Вихідні дані:

Кількість серверів 2 шт;

Інтенсивність λ надходження команд до серверу у секунду – 4 команд/сек;

Інтенсивність μ обробки команд сервером – 5 команд/сек.

Інтенсивність навантаження системи / навантаження системи

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{5} = 0,8,$$

Ймовірність, що сервер вільний розраховується згідно формули:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^{n-1}}{n!} \times \frac{1}{n - \rho}\right)^{-1} = 0.484$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Ймовірність, що один сервер зайнято, розраховується згідно формули:

$$P_1 = \rho \times P_0 = 0.387.$$

Ймовірність, що два сервера зайнято, черга відсутня розраховується згідно формули:

$$P_2 = \frac{\rho^2}{2!} \times P_0 = 0.155,$$

Ймовірність, що два сервера зайнято, у черзі одна команда розраховується згідно формули:

$$P_{2+1} = \frac{\rho^{n+1}}{n \times n!} \times P_0 = 0.062,$$

Ймовірність, що два сервера зайнято, у черзі дві команди розраховується згідно формули:

$$P_{2+m} = \frac{\rho^{2+m}}{2^m \times 2!} \times P_0 = 0.025,$$

Ймовірність черги розраховується згідно формули:

$$P_q = 1 - P_0 - P_1 = 0.64,$$

Середня кількість зайнятих серверів:

$$\bar{k}_3 = \frac{A}{\mu} = 0,8,$$

де, A - абсолютна пропускна здатність $A = \lambda$;

μ - продуктивність/інтенсивність обслуговування сервера.

Середня кількість команд у черзі/довжина черги:

$$L_q = \frac{\rho^{2+1}}{2 \times 2! (1 - \frac{\rho}{2})^2} \times P_0 = 0.172,$$

де, ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середня кількість команд у системі:

$$L_{\text{сист}} = L_q + \rho = 0,972,$$

де L_q - середня кількість команд у черзі;

ρ - інтенсивність навантаження системи.

Середній час очікування виконання команди у черзі:

$$T_q = \frac{L_q}{\lambda} = 0.009,$$

де ч L - середня кількість команд у черзі;

λ - інтенсивність надходження команд.

Середній час знаходження команди у системі:

$$T_{\text{сист}} = \frac{L_{\text{сист}}}{\lambda} = 0.049,$$

де $T_{\text{сист}}$ - середній час знаходження команди у системі; $L_{\text{сист}}$ - середня кількість команд у системі. Якщо $\rho < 2$, то процес роботи серверу стійкий. Якщо $\rho > 2$ система не стійка.

3.3. Висновки по розділу

Розроблено моделі системи передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів на основі методів систем масового обслуговування з необмеженою чергою з використанням оцінок ефективності.

Розраховані значення показників ефективності системи передачі даних між сервером та зернозбиральними комбайнами з такими параметрами як інтенсивність надходження команд до серверу, інтенсивність обробки команд сервером, кількість серверів.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Імітаційне моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером

Структура системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів представлена на рисунку – 1.3. Розроблено імітаційну модель та виконано налаштування при визначеному навантаженні. Модель системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером представлено на рис.4.1.

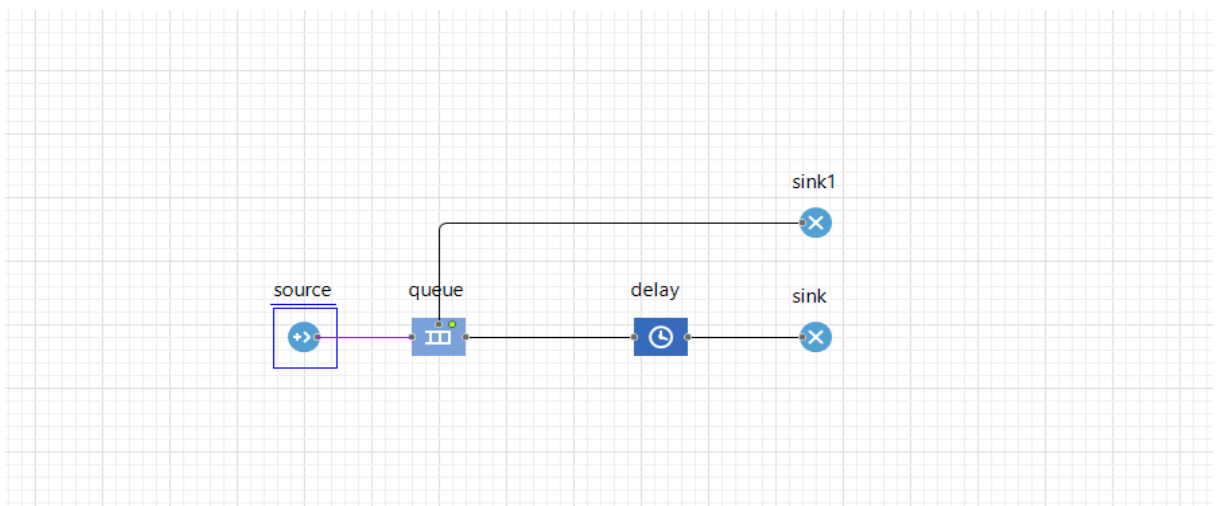


Рисунок 4.1 – Імітаційна модель системи керування передачею даних зернозбиральних комбайнів з одним сервером

Моделювання виконується у середовище AnyLogic. За допомогою графічного редактору створена діаграма процесу передачі даних до серверу у вигляді системи масового обслуговування.

Об'єкт Source (Рисунок– 4.2) створює заяви визначеного типу. Зазвичай він використовується як початок діаграми процесу, що створює потік заяв.

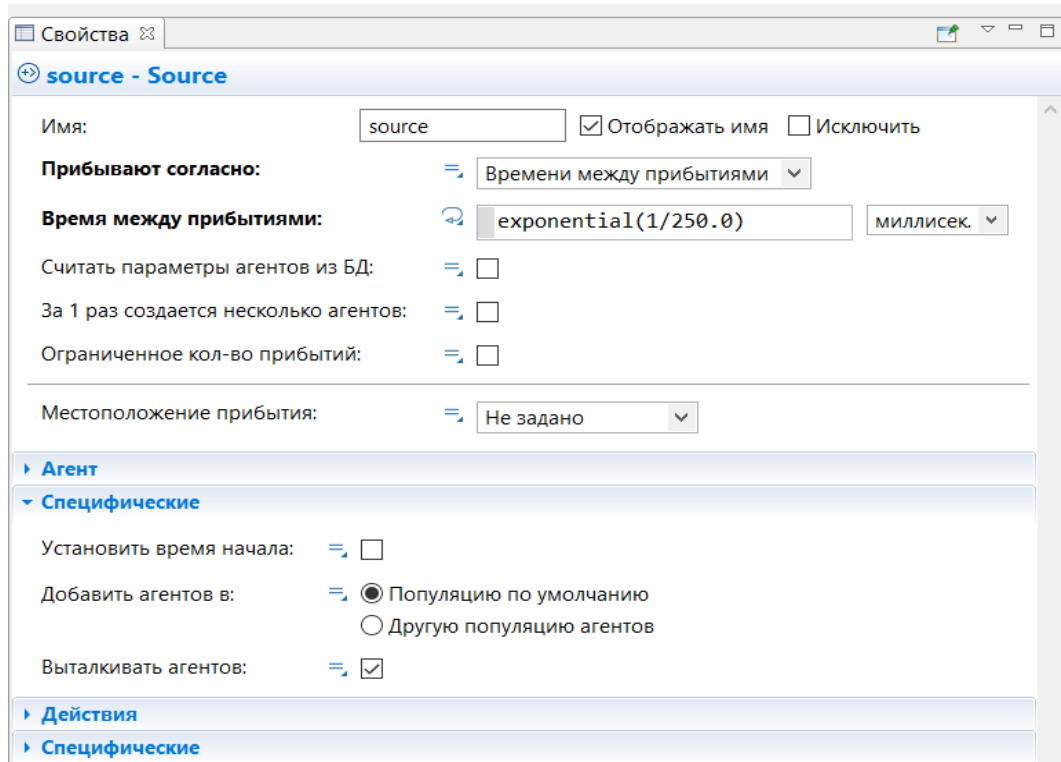


Рисунок 4.2 – Налаштування компоненту Source

У нашому прикладі заявами будуть запити на обробку сервером, а об'єкт Source буде моделювати їх виникнення.

Об'єкт Queue (Рисунок– 4.3) моделює чергу заяв, що очікують обробки об'єктами, що розташовані далі на діаграмі процесу.

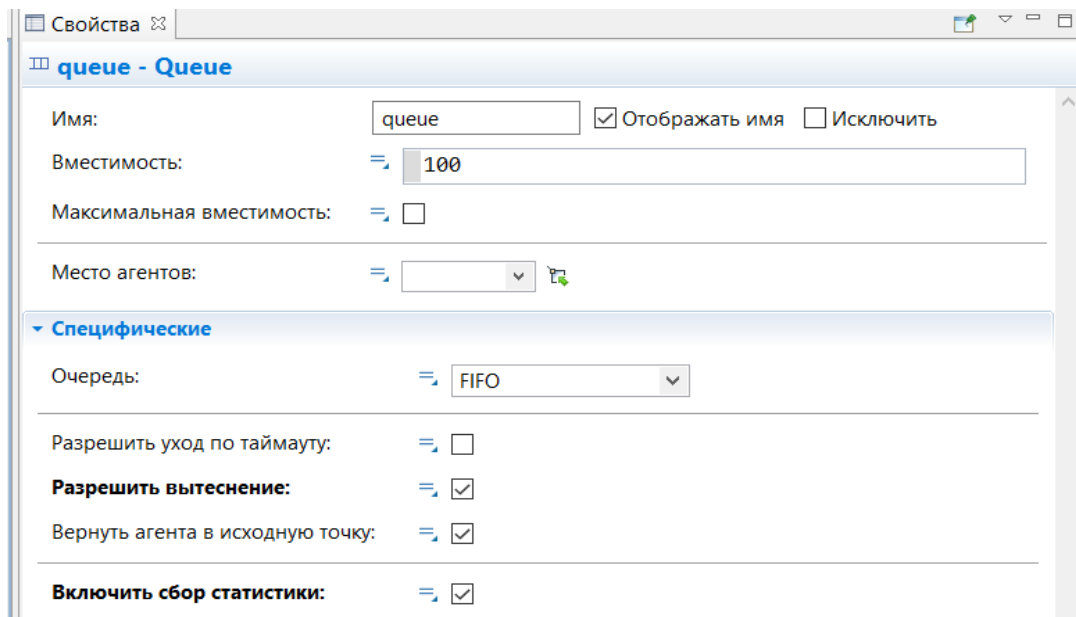


Рисунок 4.3 – Налаштування компоненту Queue

В даному випадку моделюється черга запитів на обробку сервером даних від зернозбиральних комбайнів.

Об'єкт Delay (Рисунок– 4.4) затримує заявки на вказаний час. Цей об'єкт представляє собою сервер, що оброблює запити. Об'єкт Sink знищує поступаючі заявки. Звичайно він використовується кінцевим блоком у потоці заяв.

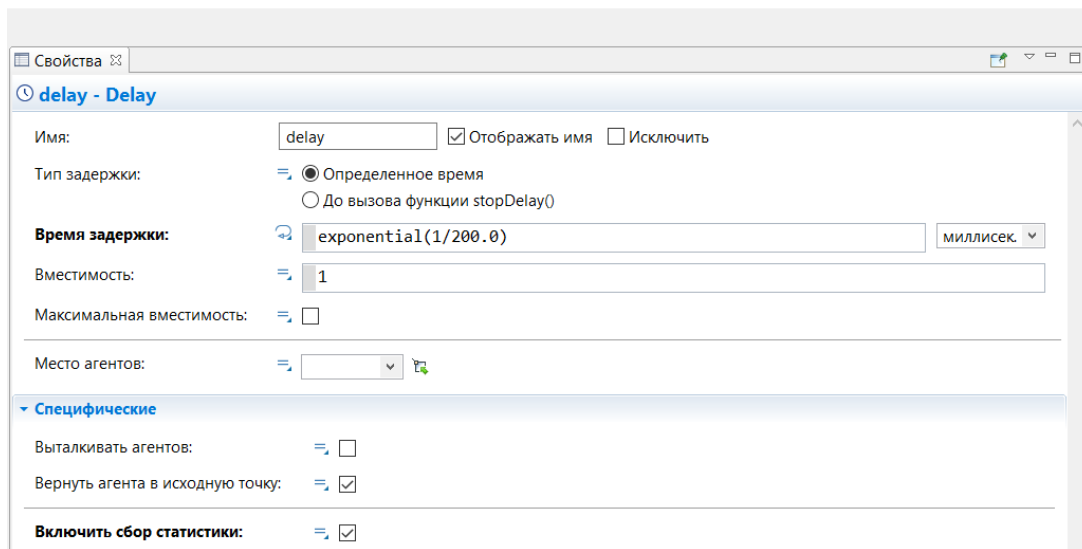


Рисунок 4.4 – Налаштування компоненту Delay

У основі кожної дискретно - подійної моделі є діаграма процесу – послідовність з'єднаних між собою об'єктів, що задають послідовність операцій, які будуть проводитися над заявами, що проходять по діаграмі. Наступним кроком на шляху до створення діаграми моделі що адекватна вихідним даним це змінити деякі властивості об'єктів.

Після запуску моделі з'являється вікно презентації (Рисунок– 4.5) цієї моделі. У ньому буде відображена презентація експерименту що запущено. Спостереження за станом будь-якого об'єкту діаграми процесу при виконанні моделі можливо за допомогою вікна інспектора цього об'єкту.

Результати моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером представлено на рис. 4.5.

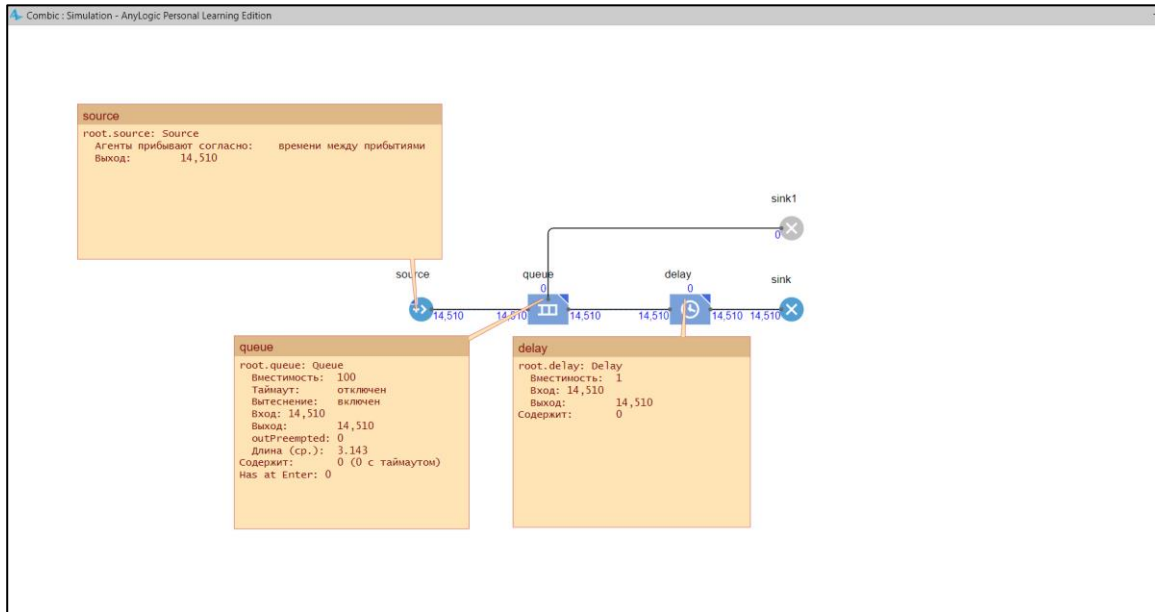


Рисунок 4.5 – Результат моделювання та вікна інспектору

Вихідні дані:

Кількість серверів 1 шт;

Інтенсивність λ надходження команд до серверу у секунду – 4 команд/сек;

Інтенсивність μ обробки команд сервером – 5 команд/сек.

Розрахунок похибки моделювання на прикладі показника середня кількість команд у черзі/довжина черги (ΔL_q):

$$\Delta L_q = |L_{q,\text{розрахунок}} - L_{q,\text{моделювання}}| = |3.2 - 3.143| = 0.057.$$

Порівняння результатів розрахунку та результатів моделювання, при проходженні 14510 заяв, підтверджує високий ступінь достовірності моделювання системи.

Оскільки для системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів з одним сервером $\lambda < \mu$, то відсутні умови для створення черги, що постійно збільшується. Але при розширенні кількості комбайнів, наприклад у два рази для системи керування передачею даних з одним сервером змінюються умови роботи $\lambda > \mu$, що буде призводити до постійного збільшення черги команд до обробки сервером. Це робить систему керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів не відповідною умовам роботи.

4.1.1 Імітаційне моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером підвищеної продуктивності

Імітаційна модель системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером представлена на рис 4.6 Розроблено імітаційну модель та виконано налаштування при визначеному навантаженні.

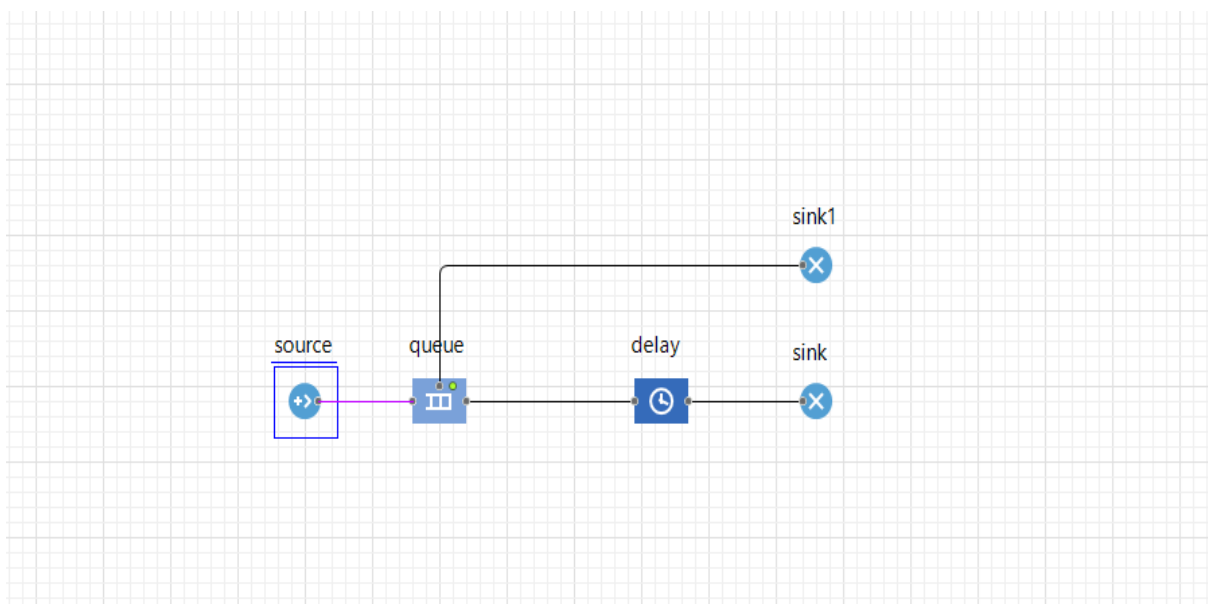


Рисунок 4.6 – Імітаційна модель системи контролю комбайнами з одним сервером

Моделювання виконується у середовище AnyLogic. За допомогою графічного редактору створена діаграма процесу передачі даних до серверу (Рисунок – 4.6) у вигляді системи масового обслуговування.

Об'єкт Source (рисунок – 4.7) створює заявки визначеного типу. Зазвичай він використовується як початок діаграми процесу, що створює потік заяв.

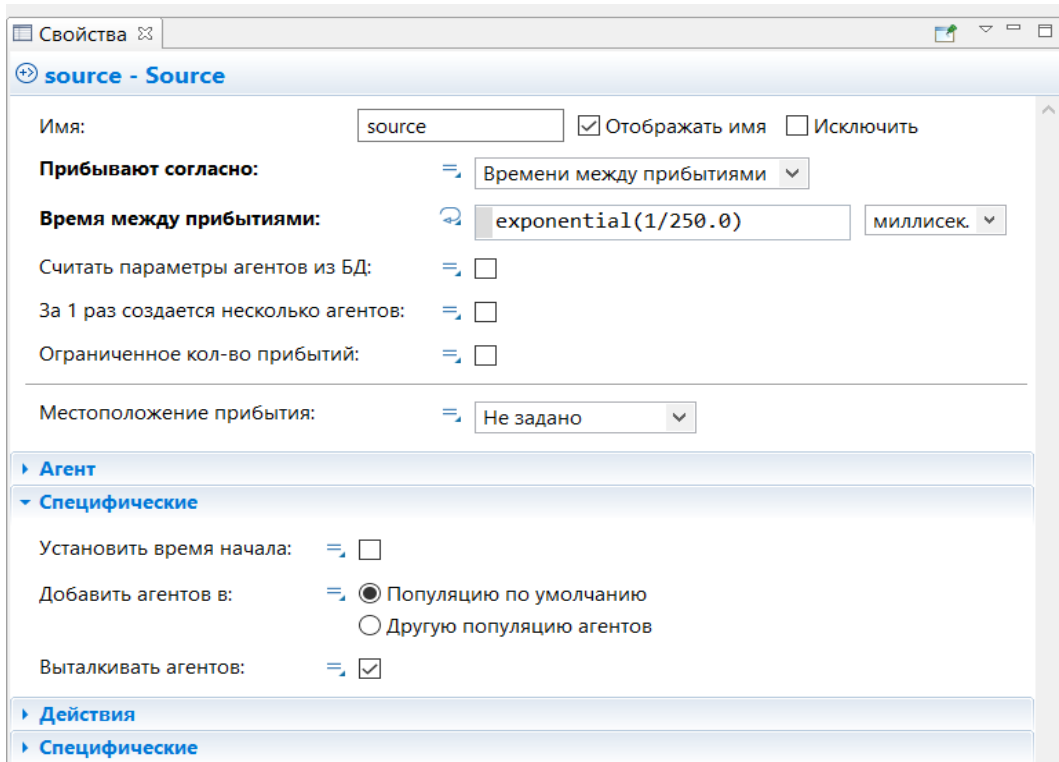


Рисунок 4.7 – Налаштування компоненту Source

У нашому прикладі заявами будуть запити на обробку сервером, а об'єкт Source буде моделювати їх виникнення.

Об'єкт Queue (рисунок – 4.8) моделює чергу заяв, що очікують прийняття об'єктами, що розташовані далі на діаграмі процесу.

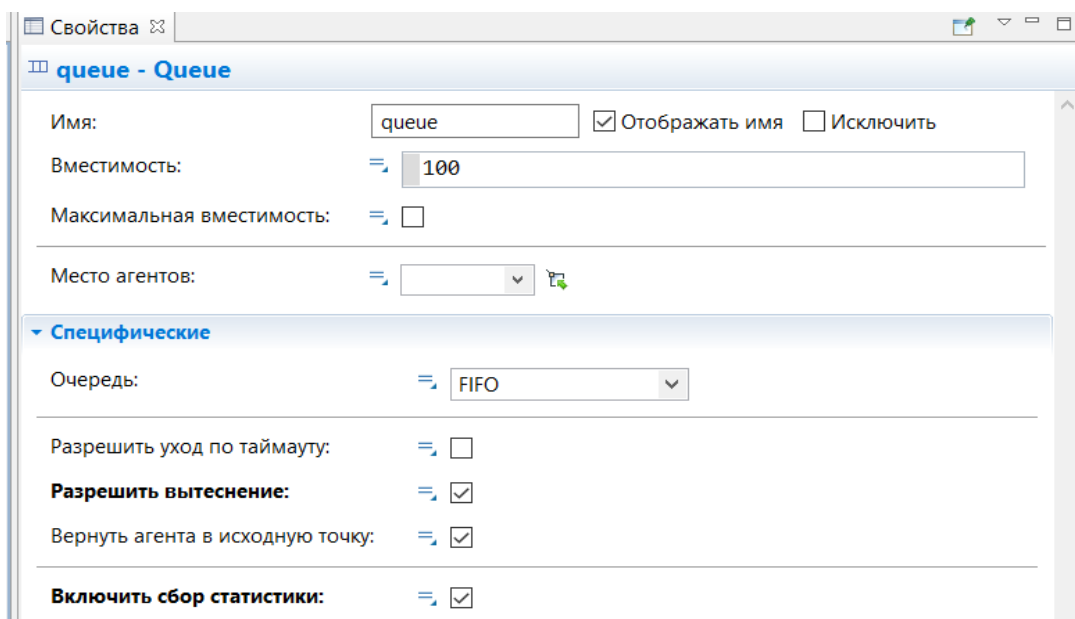


Рисунок 4.8 – Налаштування компоненту Queue

В даному випадку моделюється черга запитів на обробку сервером.

Об'єкт Delay (рисунок – 4.9) затримує заявки на вказаний час. Цей об'єкт представляє собою сервер, що оброблює запити.

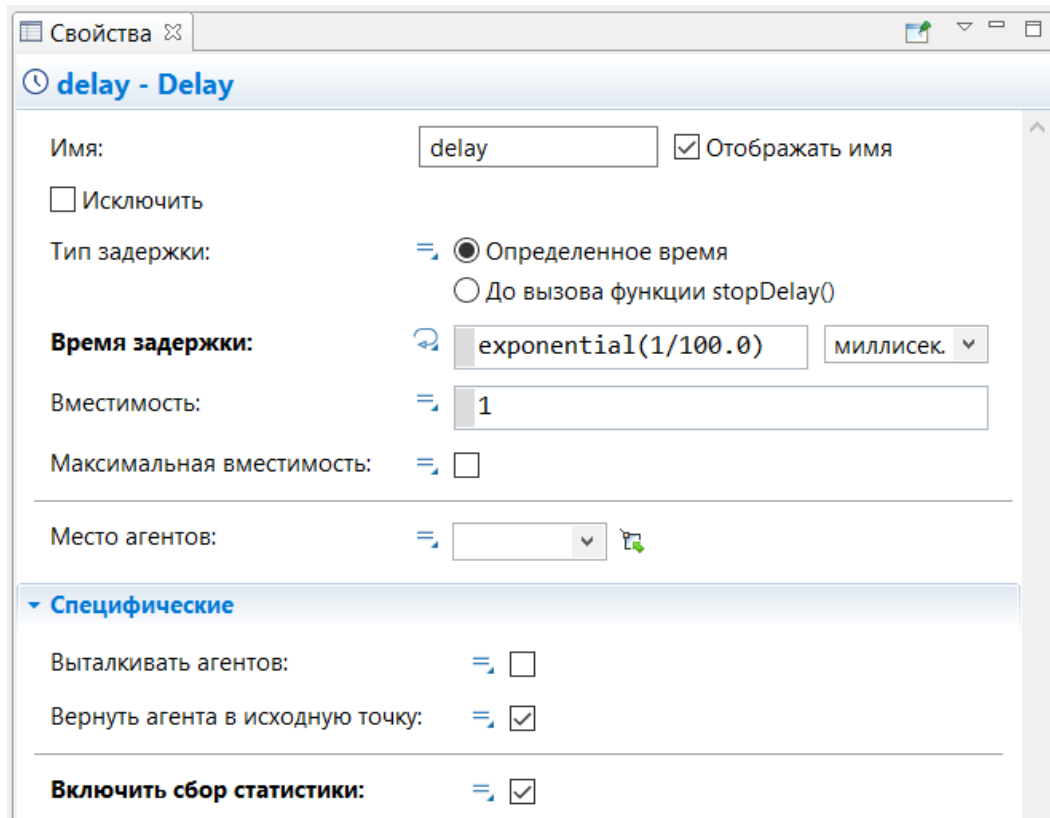


Рисунок 4.9 – Налаштування компоненту Delay

Об'єкт Sink знищує поступаючі заявки. Звичайно він використовується кінцевим блоком у потоці заяв.

У основі кожної дискретно - подійної моделі є діаграма процесу – послідовність з'єднаних між собою об'єктів, що задають послідовність операцій, які будуть проводитися над заявками, що проходять по діаграмі. Наступним кроком на шляху до створення діаграми моделі що адекватна вихідним даним це налаштування деяких властивостей об'єктів.

Після запуску моделі можна побачити вікно презентації цієї моделі (рисунок – 4.10). У ньому буде відображена презентація експерименту що

запущено. Спостереження за станом будь-якого об'єкту діаграми процесу при виконанні моделі можливо за допомогою вікна інспектора цього об'єкту.

Результати моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з одним сервером підвищеної продуктивності представлено на рис. 4.10.

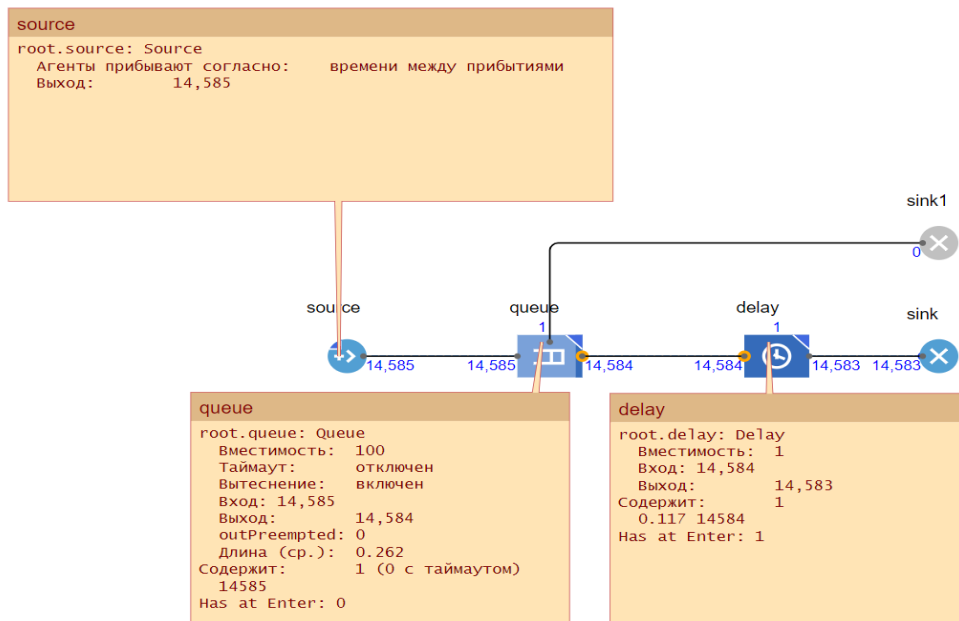


Рисунок 4.10 – Результат моделювання та вікна інспектору

Вихідні дані моделювання:

Кількість серверів 1 шт;

Інтенсивність λ надходження команд до серверу у секунду – 4 команд/сек;

Інтенсивність μ обробки команд сервером – 10 команд/сек.

Розрахунок похибки моделювання на прикладі показника середня кількість команд у черзі/довжина черги (ΔL_q):

$$\Delta L_q = |L_{q.\text{розрахунк.}} - L_{q.\text{моделювання}}| = |0.267 - 0.251| = 0.016,$$

Порівняння результатів розрахунку та результатів моделювання, при проходженні 14584 заяв, підтверджує високий ступінь достовірності моделювання системи.

4.2 Імітаційне моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з двома серверами

Моделювання комп'ютерної системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів з двома серверами (рисунок – 4.11) виконується у середовище AnyLogic. За допомогою графічного редактору створена діаграма процесу передачі даних до серверу у вигляді системи масового обслуговування.

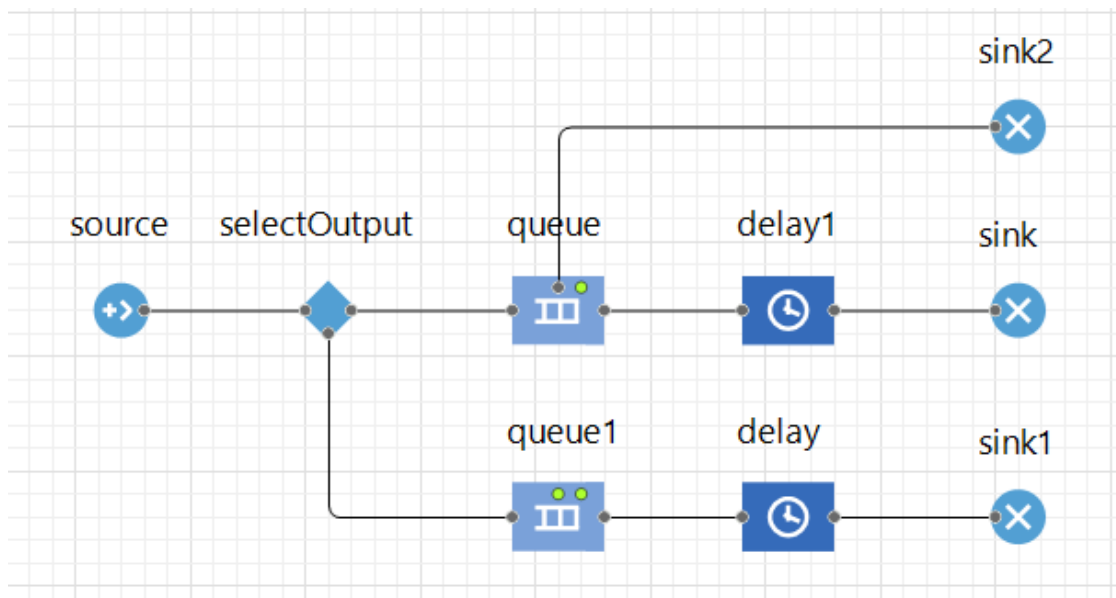


Рисунок 4.11. – Імітаційна модель системи контролю комбайнами з двома серверами

Об'єкт Source створює заявки визначеного типу. Зазвичай він використовується як початок діаграми процесу, що створює потік заяв. У нашому прикладі заявами будуть запити на обробку сервером, а об'єкт Source буде моделювати їх виникнення.

Об'єкт Queue моделює чергу заяв, що очікують прийняття об'єктами, що розташовані далі на діаграмі процесу. В даному випадку моделюється черга запитів на обробку сервером.

Об'єкт Delay затримує заявки на вказаний час. Цей об'єкт представляє собою сервер, що оброблює запити.

Об'єкт Sink знищує поступаючи заявки. Звичайно він використовується кінцевим блоком у потоці заяв. У основі кожної дискретно - подійної моделі є діаграма процесу – послідовність з'єднаних між собою об'єктів, що задають послідовність операцій, які будуть проводитися над заявками, що проходять по діаграмі. Наступним кроком на шляху до створення діаграми моделі що адекватна вихідним даним це змінити деякі властивості об'єктів.

Результат моделювання системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів з двома серверами представлено на рис.4.12.

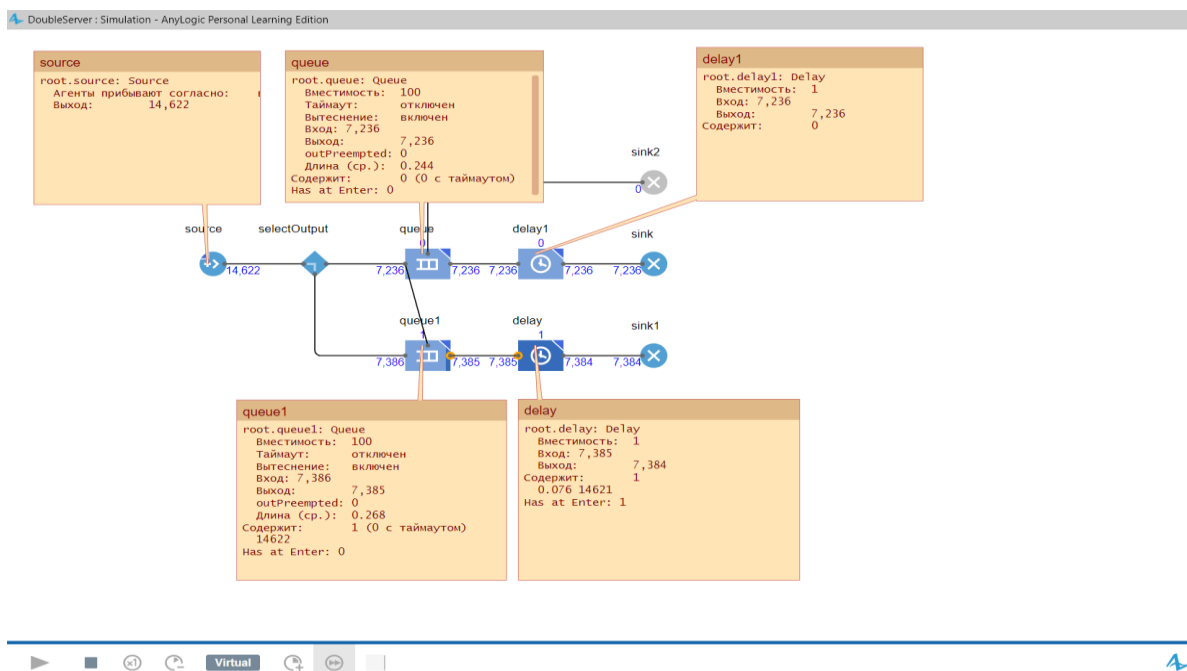


Рисунок 4.12 – Результат моделювання та вікна інспектору

Вихідні дані моделювання:

Кількість серверів 2 шт;

Інтенсивність λ надходження команд до серверу у секунду – 4 команд/сек;

Інтенсивність μ обробки команд сервером – 5 команд/сек.

Після запуску моделі можливо побачити вікно з результатами моделювання цієї моделі. У ньому буде відображена презентація експерименту що запущено. Спостереження за станом будь-якого об'єкту діаграми процесу при виконанні моделі можливо за допомогою вікна інспектора цього об'єкту.

Розрахунок похибки моделювання на прикладі показника середня кількість команд у черзі/довжина черги ($\Delta L_{ч}$, $\Delta L_{ч1}$):

$$\Delta L_{ч} = |L_{ч.розрахунк.} - L_{ч.моделювання}| = |0.172 - 0.244| = 0.072 = 0.1$$

$$\Delta L_{ч} = |L_{ч.розрахунк.} - L_{ч.моделювання}| = |0.172 - 0.268| = 0.096 = 0.1$$

Порівняння результатів розрахунку та результатів моделювання, при проходженні 14622 заяв, підтверджує високий ступінь достовірності моделювання системи.

Дослідження залежності довжини черги від кількості збиральних комбайнів при різній продуктивності серверів та різній кількості серверів представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Довжина черги команд від зернозбиральних комбайнів при різній продуктивності серверів та різній кількості серверів

Кількість комбайнів, од	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1Сервер, $\mu=5$	0.251	0.89	3.2	95.30	-	-	-	-	-	-
1Сервер, $\mu=10$	0.047	0.251	0.502	0.947	1.597	3.316	8.331	53.661	99.862	-
2Сервера, $\mu=5$	0.04	0.172	0.520	0.957	1.872	3,562	9.365	58.311	92.720	-

Залежність довжини черги від кількості збиральних комбайнів при різній продуктивності серверів та різній кількості серверів представлено на рис. 4.13.

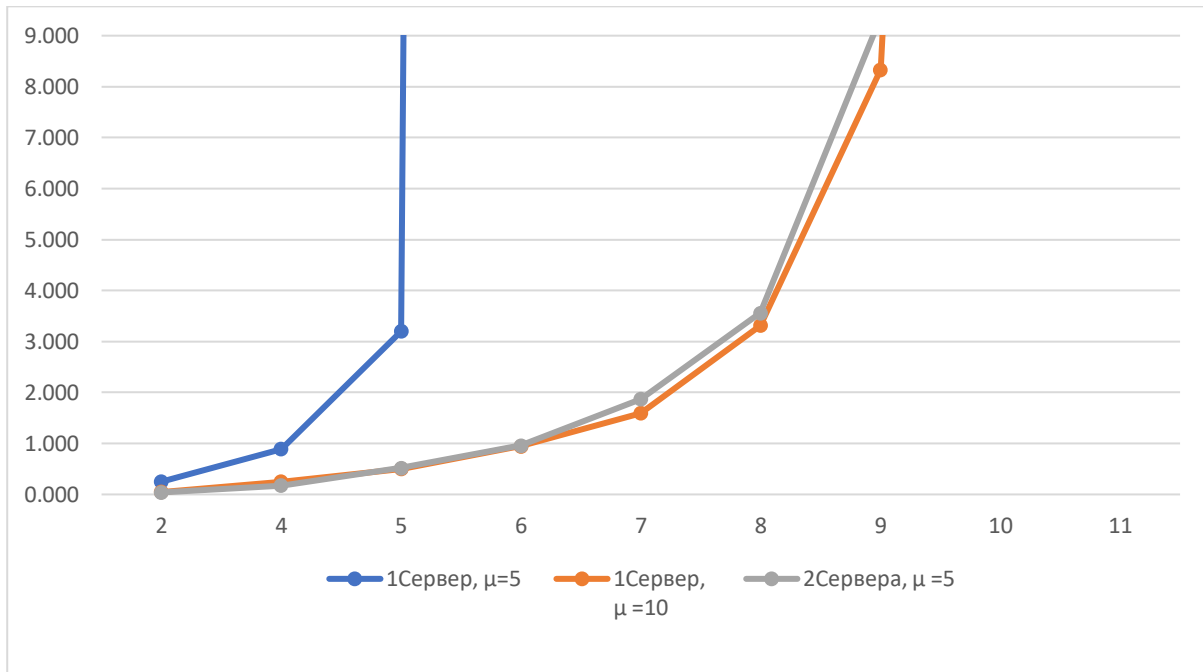


Рисунок 4.13 – Залежність довжини черги команд ($L_{ч.розрахунок}$) на обробку сервером (комп'ютером) від кількості збиральних комбайнів.

Що дозволило сформулювати наукове положення: довжина черги на обробку запитів сервером пропорційна кількості зернозбиральних комбайнів і зворотно пропорційна продуктивності серверу або кількості серверів та має межове значення на рівні 8-9 зернозбиральних комбайнів. Подальше збільшення кількості зернозбиральних комбайнів призводить до кратного, на порядок, збільшення довжини черги (рис.3.4.), що вимагає підвищення продуктивності серверу, або збільшення кількості серверів.

4.3. Висновки по розділу

Розрахунок похибки моделювання на прикладі показника середня кількість команд у черзі/довжина черги підтверджує високий ступінь достовірності моделювання системи при виконанні дослідження.

Під час розрахунку та моделювання отримали підтвердження, що у випадку збільшення кількості комбайнів з 4 одиниць до 8 одиниць необхідно збільшити у два рази кількість серверів або збільшити продуктивність одного серверу у два рази $\mu = 10$ команд/сек.

Проведене моделювання дозволило підтвердити що довжина черги на обробку запитів сервером пропорційна кількості зернозбиральних комбайнів і зворотно пропорційна продуктивності серверу або кількості серверів та має межове значення на рівні 8-9 зернозбиральних комбайнів.

Для одно- та двох серверної комп'ютерної системи з різним часом обробки команд виявлено залежності довжини черги команд на обробку від кількості збиральних комбайнів. При початкових умовах один сервер з часом обробки команд 200 мс ($\mu = 5$ команд/сек) черга команд досягає значення 95 одиниць при 6 комбайнах і далі зростає до фантастичних розмірів, що вказує на непрацездатність системи передачі даних комп'ютерної системи.

5 ЕКОНОМІКА

В кваліфікаційній роботі розглянуто ефективність та доцільність впровадження системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів. Комп'ютерна система керування дозволяє:

- спостерігати за процесом збирання врожаю від початку до кінця;
- спостерігати за телеметричними показниками машин;
- оновлювати або розробляти з нуля карти полів з показниками складу азоту у них;
- підвищити ефективність обробки полів на наступний сезон;
- зменшити витрати палива під час вбирання та виключати розкрадання зекономленого палива.

5.1 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

5.1.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується формулою:

$$t = t_0 + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_{OT} \quad (5.1)$$

де t_0 – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_u – витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;

t_a – витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;

t_{OT} – витрати праці на налаштування програм ЕОМ

t_{OT} – витрати праці підготовку документації по завданню.

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні.

Умовна кількість операторів у програмі:

$$Q = q \times c(1 + p), \quad (5.2)$$

де q – кількість операторів, які у програмі, приймаємо $q=63$ з ПЗ на мови Matlab);

c – коефіцієнт складності програми;

r – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності « c » програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завдання, складність якого відповідає 1. Приймаємо $c=1,25$.

Коефіцієнт корегування програм « r » визначає збільшення обсягу робіт за рахунок внесення змін в алгоритм або програму в результаті уточнення постановки завдання. Величину r прийmemo рівною 0,1.

Таким чином, для програми, описаної в дипломному проекті:

$$Q = 63 \times 1,25(1 + 0,1) = 86,62$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в даному дипломному проекті складають 45 люд.-годин.

Витрати на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста за формулою:

$$t_u = \frac{Q \times B}{(75 \dots 85) \times k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.3)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці приймаємо $B = 1,5$;

k – коефіцієнт кваліфікації програміста, коефіцієнт визначається залежно від стажу роботи за фахом.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації становить $k = 1,2$.

Для розроблюваного ПЗ:

$$t_u = \frac{86,62 \times 1,5}{80 \times 1,2} = 2 \text{ люд. –годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \times k}, \text{ люд. –годин} \quad (5.4)$$

Для розроблювального програмного продукту:

$$t_a = \frac{86,62}{20 \times 1,2} = 4 \text{ люд. –годин.}$$

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \times k}, \text{ люд. -годин} \quad (5.5)$$

Для розроблювального програмного продукту:

$$t_n = \frac{86,62}{20 \times 1,2} = 4 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на налагодження програм на ЕОМ розраховується за формулою:

$$t_{\text{нал}} = \frac{Q}{(4 \dots 5) \times k}, \text{ люд. -годин,} \quad (5.6)$$

Для конкретного програмного продукту:

$$t_n = \frac{86,62}{5 \times 1,2} = 14 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:

$$t_D = t_{\text{ДР}} + t_{\text{ДО}} \text{ люд. -годин} \quad (5.7)$$

де $t_{\text{ДР}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{ДО}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{\text{ДР}} = Q / (15 \dots 20) * k, \quad (5.8)$$

$$t_{\text{ДР}} = \frac{86,62}{18 * 1,2} = 4 \text{ люд. -годин}$$

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * t_{\text{ДР}}, \quad (5.9)$$

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 4 = 3 \text{ люд. -годин}$$

Для ПЗ розробленого у дипломному проекті:

$$t_D = 4 + 3 = 7 \text{ люд. -годин.}$$

Трудомісткість розробки ПЗ становитиме:

$$t = 45 + 2 + 4 + 4 + 14 + 7 = 76 \text{ людино-годин.}$$

5.1.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

Витрати на розробку програмного продукту включають витрати на заробітну плату розробника програми $Z_{зп}$ і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми ЕОМ $Z_{мі}$

$$K_{ПЗ} = Z_{зп} + Z_{мі}, \text{ грн} \quad (5.10)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$Z_{за} = t * C_{пр}, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де t – загальна трудомісткість обробки ПЗ;

$C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка програміста становить:

$$C_{пр} = 105 \text{ грн/час.}$$

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$$Z_{зп} = 76 * 105 = 7980 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Z_{мв} = t_{нал} * C_{мч}, \text{ грн} \quad (5.12)$$

де $t_{нал}$ – трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, людино-годин;

$C_{мч}$ – вартість машино-години ЕОМ, грн\год. $C_{мч} = 9 \text{ грн\год.}$

$$Z_{мв} = 10 * 9 = 90 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи управління становитимуть:

$$K_{ПЗ} = 7980 + 90 = 8070 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k * F_p}, \text{ міс.} \quad (5.13)$$

де B_k – кількість розробників, так як програма у кваліфікаційній роботі розроблялась однією людиною, то $B_k = 1$;

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176 \text{ годин}$).

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

$$T = \frac{76}{1 * 176} = 0,43 \text{ міс.}$$

Розрахувавши всі показники, використовуємо формулу 5.1 і розрахуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 86000 + 6880 + 6020 + 8070 = 106\,970 \text{ грн.}$$

Вартість системи управління що знаходиться в експлуатації становить 68 000 грн. Використовувана система в розрахунках прийнята за базовий варіант.

$$\Delta K = K_{\text{пз}} - K_{\text{баз}}, \quad (5.14)$$

де, ΔK – різниця між проектними та базисними капітальними витратами, грн

$$\Delta K = 106\,970 - 68\,000 = 38\,970 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$C_e = C_a + C_z + C_c + C_{\text{р.о}} + C_{\text{еє}} + C_{\text{інш}} + C_{\text{пал}}, \quad (5.15)$$

де C_a – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи управління;

C_a – амортизація основних фондів;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

C_c – відрахування на соціальні заходи;

$C_{\text{еє}}$ – вартість електроенергії;

$C_{\text{р.о}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт;

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати;

$C_{\text{пал}}$ – вартість палива комбайну.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи.

5.2.1 Амортизація основних фондів

Обладнання розробленої в дипломному проекті системи управління, належить до 4 групи за нормами амортизації основних фондів. Передбачуваний термін експлуатації 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості амортизації визначається за формулою:

$$H_a = (2/T) * 100\% \quad (5.16)$$

T – термін корисного використання об'єкта;

N_a – норма амортизації;

$$C_a = (ПВ * N_a) * 100\% \quad (5.17)$$

C_a – амортизація основних фондів;

ПВ – первинна вартість, дорівнює капітальним витратам $ПВ=K$;

Отже, норма амортизації для проектованої системи управління складе:

$$N_a = (2/5) * 100\% = 40\%$$

Сума амортизації для проектованої системи становитиме:

$$C_{a.пр} = (106\,970 * 40\%) / 100\% = 42\,788 \text{ грн.}$$

$$C_{a.баз} = (68\,000 * 40\%) / 100\% = 27\,200 \text{ грн.}$$

5.2.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{ном.рік} = (T_k - T_{вих.св} - T_{відп}) * T_{зм}, \text{ ГОДИН} \quad (5.18)$$

де T_k – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{вих.св}$ – вихідні та свята, 114 днів;

$T_{відп}$ – відпустка 21 день;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном.рік} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1840 \text{ годин}$$

Для управління процесом задіяні 1 оператор комбайну, 1 агроном та 1 наладчик обладнання. Після впровадження проектованої системи управління штат персоналу не зміниться, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється у відповідності з формою, наведеною у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок плати персоналу

Найменування професії робітників	Число працюючих, чел		Годинна тарифна ставка грн/ч	Номінальний річний фонд робочого часу (годину)	Пряма заробітна плага, грн	Додаткова заробітна плата(10%), грн	Доплати (7%), грн	Всього заробітна плага, грн
	яв.	сп.						
1. Оператор комбайну	1		30	1840	55200	5520	3864	64584
2.Агроном	1		54	1840	99360	9936	6955,2	116251,2
3.Наладчик	1		32	1840	58880	5888	4121,6	68889,6
Разом								249724,8

$$C_{з.пр} = C_{з.баз} = 249724,8 \text{ грн.}$$

5.2.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_c = 0,22 * C_з \quad (5.19)$$

$$C_{з.пр} = C_{з.баз} = 0,22 * 249724,8 = 54939,456 \text{ грн.}$$

5.2.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо 5% від величини капітальних витрат:

$$C_{то.тр} = 0,05 * K \quad (5.20)$$

$$C_{р.о.пр} = 0,05 * 106\,970 = 5348,5 \text{ грн.}$$

$$C_{р.о.баз} = 0,05 * 68\,000 = 3400 \text{ грн.}$$

5.2.5 Витрати на електроенергію

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної сервером що оброблює дані від системи управління, розробленої у проєкті:

$$\text{Витрати } C_{ee} = K_e * K_{др} * ds * T \quad (5.21)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите сервером за годину 0.2 кВт*год;

$K_{др}$ – кількість робочих днів $365 - 114 = 251$ день.

ds – тривалість зміни, 8 годин;

T – тариф на електроенергію для підприємств для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 1,97 грн за кВт без ПДВ. З урахуванням ПДВ $1,2 * 1,97 = 2,364$ грн.

$$C_{ee.пр} = 0,2 * 251 * 8 * 2,364 = 949,38 \text{ грн.}$$

Кількість електроенергії, спожите комп'ютерною сіттю, що знаходиться в експлуатації – 0,5 кВт * год

$$C_{ee.баз} = 0,5 * 251 * 8 * 2,364 = 2373,456 \text{ грн.}$$

5.2.6 Витрати на паливо для комбайну

Розрахуємо вартість дизельного палива, споживаного комбайном що контролюється системою управління, розробленої у проекті:

$$\text{Витрати } C_{пал} = K_{п} * K_{др} * ds * T \quad (5.22)$$

де $K_{п}$ – кількість палива спожите комбайном за годину, л/год ($K_{п} = 6$);

$K_{др}$ – кількість днів прибирання, днів ($K_{др} = 41$).

ds – тривалість зміни, годин ($ds = 8$);

T – вартість диз. палива, грн.

Оптова ціна за літр складає 18,97 грн. З урахуванням ПДВ – 22,764 грн.

$$C_{пал.пр} = 6 * 41 * 18 * 22,764 = 21183,5 \text{ грн}$$

Кількість палива, спожитого комбайном, що знаходиться в експлуатації з базовою системою управління – 10 літрів/год,

$$C_{пал.баз} = 12 * 41 * 8 * 10,764 = 42367,104 \text{ грн}$$

5.2.7 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4; від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_c * 0.04 \quad (5.23)$$

$$C_{\text{з.пр}} = C_{\text{з.баз}} = 249724 * 0,04 = 9988,9 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного та базового варіантів:

$$\begin{aligned} C_{\text{пр}} &= 42788 + 249724 + 89\,900 + 5348,5 + 949,38 + 21183,5 + 9988,9 \\ &= 419882,28 \text{ грн} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{баз}} &= 27\,200 + 249724 + 89\,900 + 3400 + 2373,4 + 42367,104 + 9988,9 \\ &= 439075,7 \text{ грн} \end{aligned}$$

Таблиця 5.2 – Експлуатаційні витрати

Назва показника	Базовий варіант	Проектний варіант
Амортизація	27 200	42788
Фонд заробітної плати	249724	249724
Відрахування на соц. виплати	89 900	89 900
Ремонт та тех. обслуговування	3400	5348,5
Електроенергія	2373,4	949,38
Дизпаливо	42367,104	21183,5
Інше	9988,9	9988,9
Загалом	439075,7	419882,28

Таким чином, економія експлуатаційних витрат становитиме

$$\Delta C = C_{\text{пр}} - C_{\text{баз}} = 439075,7 - 419882,28 = 19193,4 \text{ грн.}$$

5.3 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування

Середньодобове збільшення збираної культури при впровадженні системи контролю складе 13% за рахунок надточного наведення жнивarki комбайну.

Визначимо додатковий прибуток:

$$\Delta\Pi = (\Pi_{\text{пр}} - S_{\text{пр}}) \times Q_{\text{пр}} - (\Pi_{\text{баз}} - S_{\text{баз}}) \times Q_{\text{баз}}, \quad (5.24)$$

де $S_{\text{пр}}, S_{\text{баз}}$ – собівартість однієї тони пшениці за проектним і базовим варіантами, грн/од. (7 000 грн);

$\Pi_{\text{пр}}, \Pi_{\text{баз}}$ – ціна за одну тону продукції, грн, з урахуванням торгової надбавки 20% складе 28 800 грн;

$Q_{\text{баз}}, Q_{\text{пр}}$ – обсяг виробництва продукції, кг, На даний момент продуктивність збирання становить 6750 тон/рік.

$$Q_{\text{баз}} = 6750 \text{ тон./рік}$$

При впровадженні системи контролю:

$$Q_{\text{пр}} = 1,13 * 6750 = 7627,5 \text{ тон на рік}$$

Додатковий прибуток від впровадження системи управління

$$\Delta\Pi = (28\,800 - 7000) * 7627,5 - (28\,800 - 7000) * 6750 = 6\,493\,500 \text{ грн}$$

5.4 Оцінка економічної ефективності проекту

Визначимо показники економічної ефективності проектованої системи управління:

- річний економічний ефект:

$$E = \Delta\Pi - \Delta C - \Delta K * E_{\text{п}} > 0 \quad (5.25)$$

- економічна ефективність:

$$E_{\text{г}} = \Delta\Pi - \Delta C \quad (5.25)$$

- термін окупності розробки:

$$T_{\text{ок}} = \Delta K / E_{\text{г}} \quad (5.27)$$

$$E_{\text{п}} = (N_{\text{кр}} - N_{\text{інф}}) / 100 \quad (5.28)$$

де $N_{\text{кр}}$ – річна процентна ставка, %;

$N_{\text{інф}}$ – річний рівень інфляції, %.

В якості нормативного значення прийємо величину банківської кредитної ставки $N_{\text{кр}}$ (28,2%) з урахуванням інфляції $N_{\text{інф}}$ (12,7%), тобто:

$$E_{\text{п}} = (28,2 - 12,7) / 100 = 0,155$$

$$E = 6\,493\,500 - 19193,4 - 0,155 * 38\,970 = 6\,468\,266,25 \text{ грн.}$$

$$E_T = 6\,493\,500 - 19\,193,4 = 6\,474\,306,6 \text{ грн}$$

$$T_{ок} = 38\,970 / 6\,474\,306,6 = 0,005 \text{ року}$$

Коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат ϵ показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$\epsilon = E_T / \Delta K \quad (5.29)$$

$$\epsilon = 6\,474\,306,6 / 38\,970 = 173\,141$$

Отже, при впровадженні системи управління 1 грн. капітальних витрат приносить 173 141 грн прибутку.

Економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту системи відображені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Економічні показники

Найменування показників	Од. вимірювання	Показники базового варіанту системи	Показники проектного варіанту системи
Капітальні витрати	грн	68 000	106 970
Експлуатаційні витрати, всього	грн	439075,7	419882,28
В тому числі: амортизація	грн	27 200	43788
заробітна плата обслуговуючого персоналу	грн	249724	249724
відрахування на соціальні заходи	грн	89 900	89 900
технічне обслуговування та поточний ремонт системи управління	грн	3400	5348,5
вартість споживаної електроенергії	грн	2373,4	949,38
вартість споживаного дизпалива	грн	42367,104	21183,5

інші витрати	грн	9988,9	9988,9
Додатковий прибуток	грн	-	6 493 500
Річний економічний ефект	грн	-	6 468 266,25
Коефіцієнт ефективності			173 141
Термін окупності капітальних вкладень	р	-	0,005

5.5 Висновки по розділу

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 106 970 грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 419882,28 грн. Проте, очікується додатковий прибуток у розмірі 6 493 500 грн та дуже швидкий термін окупності 0,005 року.

Виходячи з отриманих результатів, та звертаючи увагу на великий коефіцієнт ефективності, що дорівнює 173 141 можна зробити висновок, що впровадження проектованої системи контролю збиральних комбайнів вигідно.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Розробка системи безпечної праці за ергономічним критерієм

Зернозбиральні роботи – головний етап річного циклу агропромислового виробництва. В цей період поживляються роботи в полі, зростає кількість зайнятих працівників на ручних роботах, на токах, в першу чергу на технологічному обслуговуванні та забезпеченні роботи зернозбиральних комбайнів, іншої сільськогосподарської техніки і механізмів. Враховуючи цьогорічні кліматичні умови, дощову погоду, жнивна компанія буде проводитись в найкоротші терміни. Все це об'єктивно збільшує вірогідність травматизму, особливо при порушенні вимог охорони праці та внаслідок неналежної організації робіт.

На виробництві в Україні у 2021 року смертельно травмовано 27 працівників сільськогосподарського виробництва, а це одна з найбільших кількостей працівників серед усіх галузей економіки (рис. 6.1).

Основними причинами загибелі працівників є невиконання вимог інструкцій з охорони праці, порушення Правил дорожнього руху, порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, машин та механізмів, перебування на робочому місці в стані алкогольного сп'яніння, а також особиста необережність потерпілих.

Серед професій у агропромисловому комплексі найнебезпечнішою є професія механізатора (тракториста-машиніста). На жнивках використовують зернозбиральні комбайни, частина яких вже відпрацювала встановлені строки експлуатації, але після ремонту продовжують працювати. Тому на ці застарілі комбайни необхідно звернути особливу увагу.

Полеві механізовані роботи із застосуванням сільськогосподарської техніки потрібно розглядати як роботи з підвищеною небезпекою, адже часто механізатор залишається один на один з агрегатом, який може у будь-який момент потребувати ремонту. А це, в свою чергу, може спровокувати працівника до виконання дій, що не відповідають вимогам безпеки. Крім того, йому

доводиться працювати понаднормово, у темний час доби, на віддалених полях, схилах, за несприятливих погодних умов, постійно зазнаючи впливу високих рівнів вібрації, шуму, температурних перепадів та інших чинників, що призводять до стомлення. Враховуючи вищевикладене, керівники господарств, фермери повинні подбати про знешкодження небезпечних ризиків, які можуть виникнути в період збирання врожаю.



Рисунок 6.1 - Найбільш травмонебезпечні професії

Одним із основних показників, який дозволяє оцінити безпечність технологічного процесу – це оцінка психофізіологічних ризиків, яку визначаємо за бальною шкалою, оскільки він дозволяє об'єднати і технічні причини нещасних випадків і психофізіологічні, які загалом складають 26 % від загальної кількості (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 - Причини нещасних випадків

Для вирішення поставленої задачі будуть використані апробовані методи для розрахунку психофізіологічних ризиків (метод "REBA" для дослідження саме біомеханіки верхніх кінцівок тулубу людини з урахуванням фізичного навантаження та метод програма для розрахунку кошторису обладнання у порівнянні із витратами пов'язаними із затратами на лікування травмованого працівника, пошуку працівника для заміни, його навчання та зменшення продуктивності праці (рис. 6.3 – 6.5).


REBA Employee Assessment Worksheet

Date:

Шия

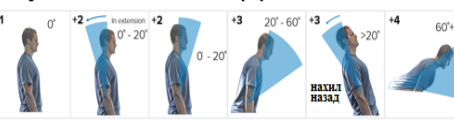
Оцінки

Крок 1. Аналіз положення шиї




Крок 1а. Коригування.
Якщо тупітб скручений +1
Якщо тупітб нахилено у бік +1

Крок 2. Аналіз положення тупітба



Крок 3. Аналіз розташування ніг

Коригування



Крок 4. Розрахунок
Оцінки з п. 1 - 3 занесіть до таблиці А

Крок 5. Зусилля/Навантаження
Якщо навантаження до 5 кг +1
Якщо навантаження від 5 до 10 кг +2
Якщо навантаження більше 10 кг +3
Коригування. Швидке виконання роботи +1

Крок 6. Отримайте оцінку А
Підсумуйте значення оцінок кроків 4 і 5
Знайдіть рядок у таблиці С

Інтерпретація оцінок
1 - ризик відсутній;
2-3 - мінімальний ризик (потрібні незначні зміни)
4-7 - середній ризик (потрібно удосконалення технологій)
8-10 - високий ризик (роботи виконувати не можна, потрібні кардинальні зміни)
11 - неприпустимий ризик (роботи заборонені)

Таблиця А		Шия											
		1				2				3			
Розташування тупітба	Ноги	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Таблиця Б		Зап'ястя					
		1		2		3	
Передпліччя	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	5	6	7	8	7	8
	6	7	8	8	8	9	9

Таблиця С		Оцінка Б											
Оцінка А		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Результат з таблиці С


+

Оцінка активності

=

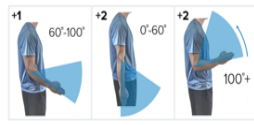
Загальний результат

Крок 7. Аналіз розташування передпліччя




Крок 7а. Коригування.
Плече підняте +1
Людина робить нахил +1
Плече відтягнуте назад +1

Крок 8. Аналіз розташування плечей



Крок 9. Аналіз розташування зап'ястя



Крок 9а. Коригування.
Якщо зап'ястя закоччене чи сильно зігнуте +1

Крок 10. Отримайте оцінку Б
Визначте бал із таблиці Б, користувачись оцінками кроків 7 - 9

Крок 11. Оцініть захват
Гарна рукоятка +0
Прийнятна рукоятка +1
Неприйнятна рукоятка +2
Рукоятка відсутня +3

Крок 12. Отримайте оцінку Б
Підсумуйте значення оцінок кроків 10, 11
Знайдіть рядок у таблиці С

Крок 13. Оцінка активності
Статична робота +1
Динамічна робота +2
Велика кількість повторювальних операцій +2
Значний перепад навантажень +3

Оцінка

Оцінка

Оцінка

Оцінка

Оцінка

Оцінка

Оцінка

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Рисунок 6.3 - Метод REBA

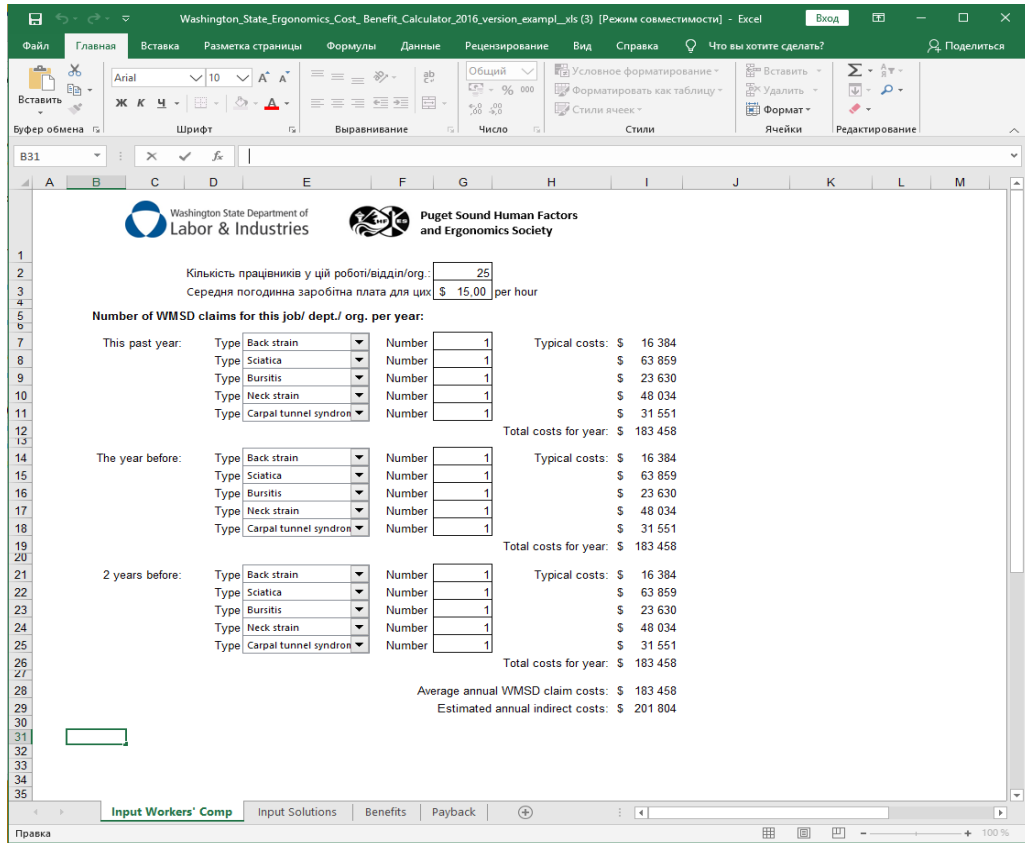


Рисунок 6.4 - Програма для обрахунку кошторису травмування

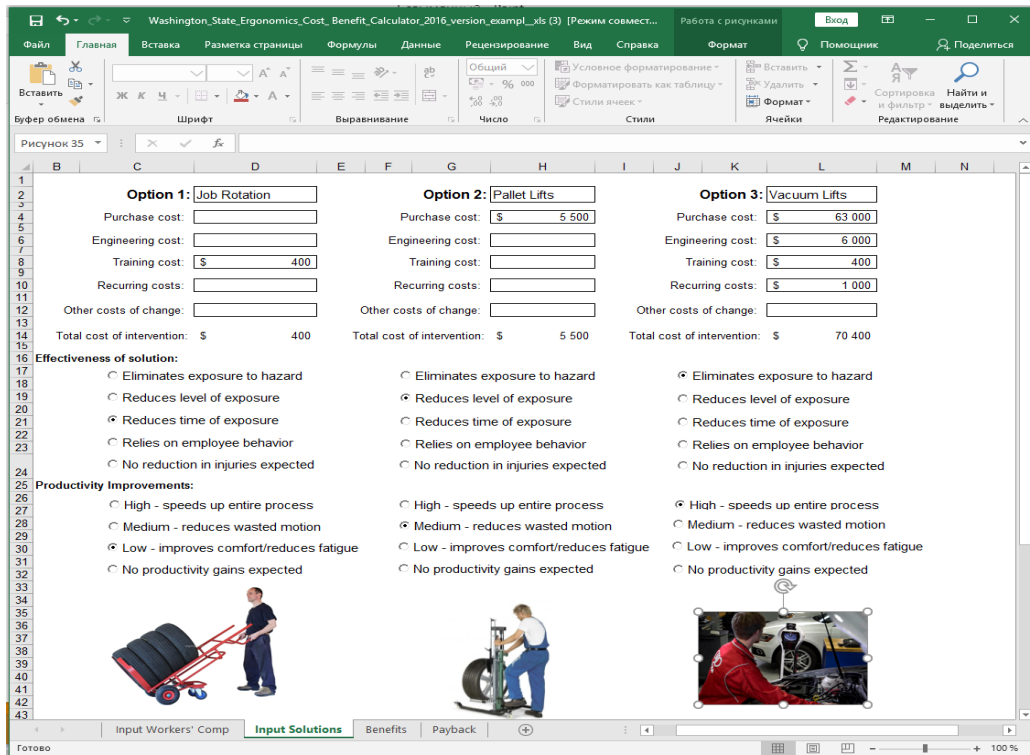


Рисунок 6.5 - Програма для обрахунку економічних витрат на обладнання

6.2 Розробка системи безпечної праці механізаторів-комбайнерів

Також для підвищення безпечності роботи механізаторів –комбайнерів пропонується реалізувати нову систему управління охороною праці на основі чотирьох кроків (рис.6.6): Визнач, Вмотивуй, Впроваджуй, до кожного з яких буде розроблено відповідний механізм виконання і контролю. Для виявлення небезпек – контрольна карта небезпек, для визначення – чек лист з оцінки ергономічній ризиків, для вмотивуй – програма для обрахунку економічних витрат на закупку технологічного обладнання, впроваджуй – контрольний чек лист для перевірки етапів виконання.



Рисунок 6.6 - Система безпечної праці на основі ергономічного чинника

Перший крок вияви небезпеки. Під час роботи комбайна можливі небезпеки наведені в табл. 6.1.

Другий крок – аналіз небезпек за допомогою чек-листа (рис. 7) під час управління комбайном з аналізом його діяльності (рис. 8).

Таблиця 6.1 - Небезпеки при роботі з комбайном

Параметр	Ключове слово	Небезпеки	Небезпечна подія	Важкість наслідків	Ймовірність	Ризик	Запобіжні дії	
Швидкість К	"Більше"	Важкість керування, неможливість ідентифікувати якість дорожнього полотна, дорожні знаки, неможливість керувати К	З'їзд К з дорожнього покриття, його перекидання, виникнення аварійної ситуації	Життя і здоров'я водія, пошкодження ТЗ, втрата вантажу, пошкодження дорожнього полотна, більша витрата пального (IV)	D	H	Застосувати елементи контролю за швидкістю руху К	
Технічний стан К	"Менше"	Несправність механічних, електричних, гідравлічних компонентів К	Несправний стан К, неможливість встановити стояне гальмо, нездатність опустити кузов		C	M	Застосувати контроль за проведенням ТО і РК	
	"Частина"	Недотримання процедури обслуговування, порушення режиму заміни вузлів і елементів КС	Відсутність належного освітлення, неможливість ідентифікувати умови руху, аварійна ситуація		B	L		
Видимість	"Менше"	Несправність системи освітлення, неможливість ідентифікації небезпек під час руху К	Удар електричним струмом, пошкодження електронних систем, електричної мережі, аварійна ситуація		B	L		Застосувати контроль за розміщенням попередніх знаків, що сигналізують про можливі небезпеки
	"Інше"	Рух в зоні біля потужної електромережі	Полумки ходової частини, перекидання К, аварійна ситуація		B	L		
Стан дороги	"Інше"	Порушення дорожнього покриття, нерівномірність покриття,		B	L	Застосувати контроль за перевіркою стану дорожнього покриття		



а)



б)

Рисунок 6.7 - Вигляд робочого місця водія для оцінки ергономічного фактору: а) розташування водія в кабіні б) розташування водія в кабіні з нанесеною структурою тіла

Ергономічний фактор

Крок 1. Передпліччя
 90° < 90° 90°-180° 180°
 +0 +1 +2 +3 **2**

Коригування:
 Висутність регулювання керма: +1;
 Відсутність опори для відпочинку руки: +2

Крок 2. Запл'ястя
 15°-15° 15°+ 15°+
 +1 +2 +2 **2**

Коригування:
 Якісний асти скручене: +1

Крок 3. Плече
 20°-20° 20° 20°-45° 45°-90° 90°+
 +1 +2 +2 +3 +4 **3**

Коригування:
 -Якщо плече відбите: -1
 -Якщо ладонна робота нахилена: +1
 -Якщо плече відведено назад: +1

Таблиця А

Плече	Передпліччя						
	1		2		3		
1	1	2	2	3	3	3	4
2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	3	4	4	4	5	6
4	4	4	4	5	5	6	6
5	4	4	5	5	5	6	7
6+	5	5	5	6	6	7	7

Крок 4. Оцінка навантаження на руку
 Навантаження < 1 кг (але): +0
 Навантаження 1-4 кг (середнє): +1
 Навантаження > 4 кг (високе): +2

Крок 5. Сума балів оцінювання положення плеча, передпліччя і зап'ястя
 Загальна оцінка групи "А"
5

Крок 6. Положення тулубу
 0° 0°-20° 20°-8° 0°
 +1 +2 +2 +3 **1**

Коригування:
 -Якщо тулуб скручений: +1
 -Якщо тулуб відхилено з боків: +1

Крок 7. Положення голови
 0° 0°-20° 20°-8° 0°
 +1 +2 +2 +3 **1**

Коригування:
 -Якщо голова повернута з боків: +1
 -Якщо голова нахилена у бік: +1

Крок 8. Розташування ноги
 +1 +2 +3 **3**

Крок 9. Загальна сума балів групи "В"
Таблиця В

Голова	Тулуб								
	1		2		3		4+		
1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	2	3	3	3	4	5	4	5	5
3	3	3	4	5	4	5	6	6	6
4	4	5	5	5	6	5	6	6	7
5	5	5	6	5	6	7	6	7	7

Крок 10. Вібрація
 Мінімальний рівень вібрації: +0
 Помірний рівень вібрації: +1
 Високий рівень вібрації: +2

Крок 11. Підняття вантажу
 Висує: +0
 Присутні: -1

Крок 12. Сума балів оцінювання положення тулубу, голови та ший
 Загальна оцінка групи "В":
4

Крок 13. Суцільна оцінка усього тіла
 Загальна сума балів за кроком 5-12:
Таблиця С

Загальна оцінка групи "А"	Загальна оцінка групи "В"							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	7	8	
2	2	3	4	5	6	7	8	
3	2	3	4	5	7	8	9	
4	3	4	5	6	8	10	11	
5	4	5	6	7	9	10	11	
6	5	6	7	8	10	11	12	
7	6	7	8	9	11	12	13	
8	7	8	9	10	11	12	13	
9	8	9	10	11	12	13	14	

Крок 14. Тривалість виконання транспортної роботи
 Тривалість виконання транспортної роботи менш ніж 4 години на добу: +0
 Тривалість виконання транспортної роботи більш ніж 4 години на добу: +1
 стаж керування > 15 років: +2

Крок 15. Загальна оцінка ергономічного ризику
 Використовуючи дані таблиці "С", суму балів за кроком 13, з урахуванням показника тривалості виконання транспортної роботи (крок 14).
11

Рівні ризику:
 1-5 балів, низький рівень ризику (рівень 1)
 6-10 балів, помірний рівень ризику (рівень 2)
 11-14 балів, високий рівень ризику (рівень 3)
 > 15 балів, дуже високий рівень ризику (рівень 4)

Психосоціальний фактор

Таблиця D

Питання	Стресові бали				
	0	1	2	3	4
1. Напруженість праці			✓		
2. Важкість праці				✓	
3. Емоційна напруга					✓
4. Темп роботи			✓		
5. Незадоволеність працею	✓				
Підсумковий бал ризику	11				

Рівні ризику:
 1-5 балів, низький рівень ризику (рівень 1)
 6-10 балів, помірний рівень ризику (рівень 2)
 11-15 балів, високий рівень ризику (рівень 3)
 > 16 балів, дуже високий рівень ризику (рівень 4)

Фактор дискомфорту

Таблиця E

Питання	Стресові бали				
	0	1	2	3	4
1. Кліматичний дискомфорт	✓				
2. Акустичний дискомфорт			✓		
3. Вібраційний дискомфорт			✓		
4. Естетичний дискомфорт				✓	
5. Сенсорний дискомфорт	✓				
Підсумковий бал ризику	7				

Рівні ризику:
 1-5 балів, низький рівень ризику (рівень 1)
 6-10 балів, помірний рівень ризику (рівень 2)
 11-15 балів, високий рівень ризику (рівень 3)
 > 16 балів, дуже високий рівень ризику (рівень 4)

Індивідуальний фактор

1. Вік:
 < 46: +1
 46-55: +2
 > 55: +3

2. Індекс маси тіла:
 $IMT = \frac{\text{Вага (кг)}}{(\text{Зріст (м)})^2}$
 IMT < 25: +1
 IMT 25-29.9: +2
 IMT > 30: +3

3. Артеріальний тиск:
 120/80: +1
 130/90: +2
 140/100: +3

4. Частота серцевих скорочень:
 < 75: +1
 75-85: +2
 > 85: +3

5. Затримка дихання:
 > 40 сек.: +1
 30-40 сек.: +2
 < 30 сек.: +3

Бали:
 3
 +
 3
 +
 1
 +
 1
 +
 1
 =

Рівні ризику:
 1-5 балів, низький рівень ризику (рівень 1)
 6-10 балів, помірний рівень ризику (рівень 2)
 11-15 балів, високий рівень ризику (рівень 3)
 > 16 балів, дуже високий рівень ризику (рівень 4)

Ергономічний фактор
11
 +
Психосоціальний фактор
11
 +
Фактор дискомфорту
7
 +
Індивідуальний фактор
9
 =
Загальна оцінка професійного ризику водія
38

Рівні професійного ризику
 Мінімальний ризик: < 23
 Помірний ризик: 24-43
 Високий ризик: 44-63
 Нестерпний ризик: > 64

38

Примітки

ПІБ водія
 Тип транспортного засобу

Рисунок 6.8 - Чек лист для розрахунку ергономічних витрат

Рекомендується для зменшення дії професійного ризику на водія ПА - модернізувати систему проведення медичних оглядів, які будуть сприяти своєчасному виявленню захворювань. Рекомендується розробити систему мотивації для заохочення водіїв регулярно займатись фізичними тренуваннями. При цьому зробити їх обов'язковими саме в компанії перед початком робочого дня можливо сумістивши з передрейсовим медичним оглядом. Зараз існує значна кількість різноманітних оздоровчих програм, які можна реалізувати в компанії. Крім оцінювання фізичного стану здоров'я та розробки відповідних оздоровчих програм необхідно приділяти увагу психоемоційному стану водія шляхом спостереження за його біометричними даними, що можна реалізувати за допомогою засобів GPS навігації та здійснювати постійний оперативний контроль часу знаходження водія.

Також розробити систему допуску до управління транспортними засобами, яка враховує проходження навчання водія перед самостійною роботою на відповідному маршруті. Приділити при цьому увагу питанням ергономічних ризиків і культурі праці.

Посилити контроль технічного стану комбайна, що передбачає приділяти увагу вузлам і агрегатам, які можуть бути джерелом утворення шкідливих виробничих чинників, що діють на його стан здоров'я. Забезпечити моніторинг систем і агрегатів від працездатності яких залежить комфорт праці водія. Контролювати своєчасно систему опалювання і кондиціювання повітря в салоні ПА та ін.

При оновленні або модернізації парку рухомого складу обов'язково звертати увагу на ергономічні характеристики транспортних засобів, наявності в них сучасних систем, які забезпечують комфортні умови праці і безпеку водіїв наприклад за програмою аналізу економічної доцільності (рис. 6.9).

Необхідний збір вихідних даних їх обробка, формування контрольних списків небезпеки, розробка чек-листів та визначення ергономічних ризиків, удосконалення програми з обрахунку економічних витрат, розробка контрольного листа для перевірки.

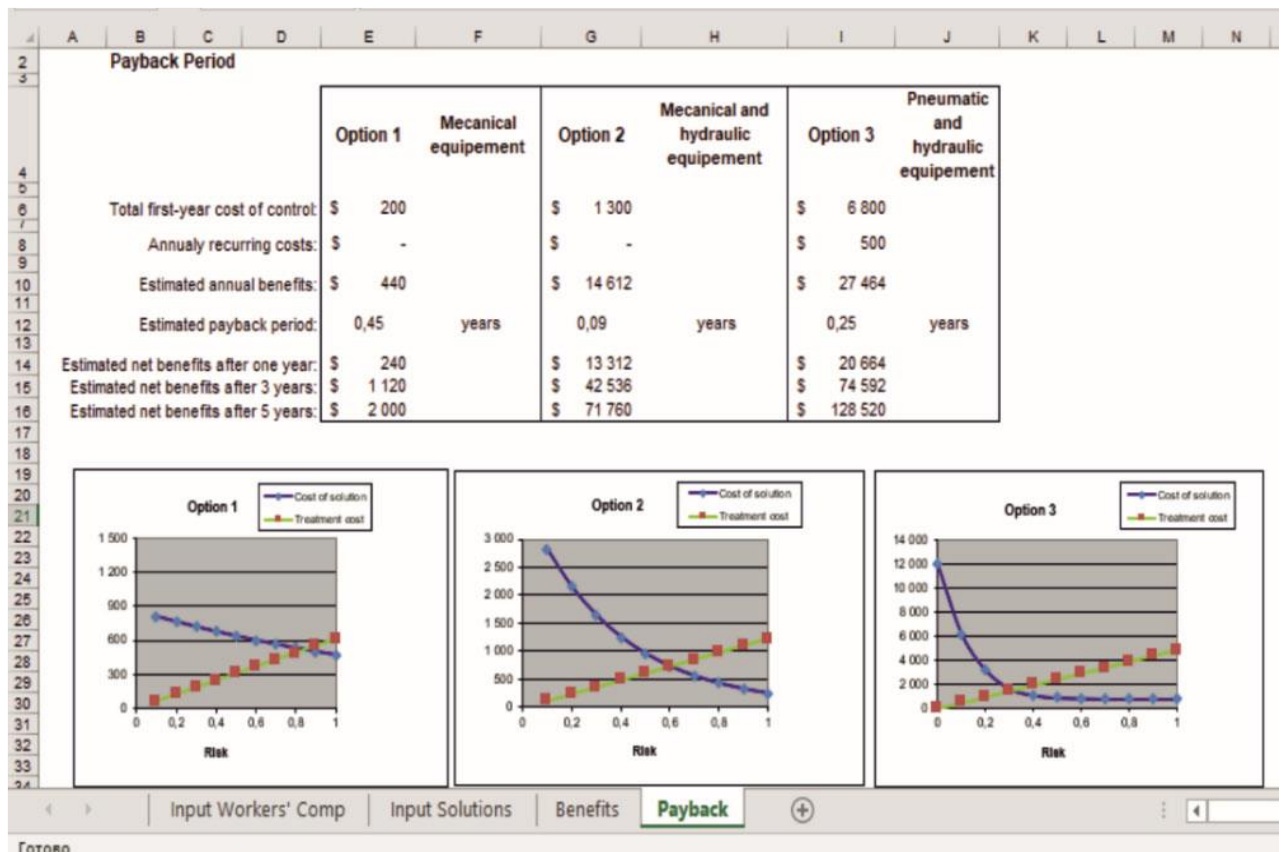


Рисунок 6.9 - Програма для обґрунтування економічних витрат та пошуку раціонального рішення

6.3 Освітленість

Штучне освітлення повинно бути у всіх виробничих приміщеннях, де мало доступу світла, а також для освітлення приміщень в ночі. Найменша освітленість у приміщеннях регламентується ДБН В.2.5-28-2018 і визначається, в основному, характеристикою зорової роботи

Для забезпечення відповідного рівня освітленості, яка на робочому місці повинна бути рівною 200-300лм відповідно табл. 6.2, для чого було проведено моделювання освітленості програмному середовищі.

Таблиця 6.2 - Рівні освітленості на робочому місці (станцій технічного обслуговування комбайнів)

Станції технічного обслуговування транспорту, транспортні підприємства											
4. Оглядові канали:											
а) у приміщенні	Г – днище машини	Vб ³⁾	–	–	200	–	10	–	–	–	–
б) поза будівлями	Г – днище машини	Vб ⁴⁾	–	–	150	–	10	–	–	–	–
5. Ділянки (пости) миття і прибирання рухомого складу:											
а) у приміщенні	Г – підлога	VI	–	–	200	60	10	–	–	1,8	0,6
б) поза будівлями		XII	–	–	10	–	–	–	–	–	–
6. Ділянки діагностування:											
а) легкових автомобілів	Г – 0,8	IIIв	–	–	300	40	10	–	–	3,0	1,2
б) вантажних автомобілів, автобусів, трамваїв, тролейбусів	Г – 0,8	IVв	–	–	200	40	10	–	–	2,4	0,9
7. Ділянки технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2) і поточного ремонту:											
а) легкових автомобілів	Г – 0,8	IVв	–	–	200	40	10	–	–	2,4	0,9
б) вантажних автомобілів, автобусів, трамваїв, тролейбусів	Г – 0,8	Vв	–	–	200	40	10	–	–	1,8	0,6
8. Підйомники											
а) легкових автомобілів	В – 1,0	Vб ³⁾	–	–	200	–	10	–	–	–	–
9. Агрегатні ділянки:											
а) легкових автомобілів	Г – 0,8	IIIв	750	200	300	40	10	–	–	3,0	1,2

Для початку задавалися геометричні параметри ангару для зберігання та ремонту комбайнів.

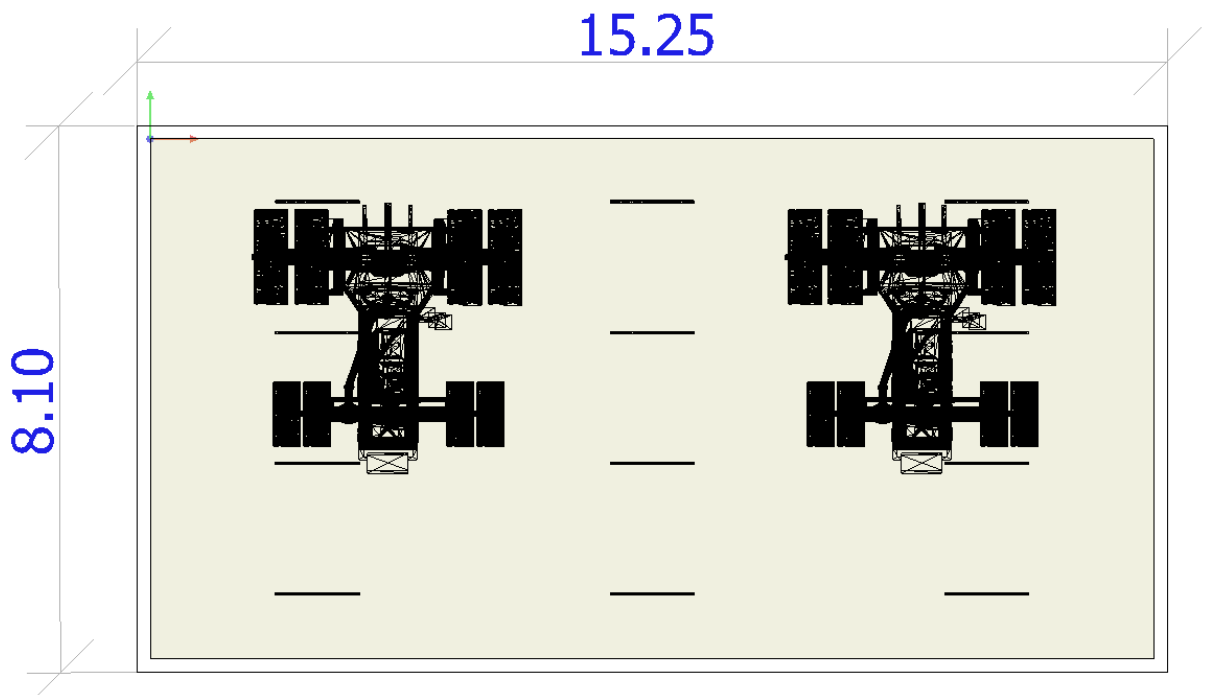


Рисунок 6.10 - Геометричні параметри гаражного боксу по ремонту комбайнів

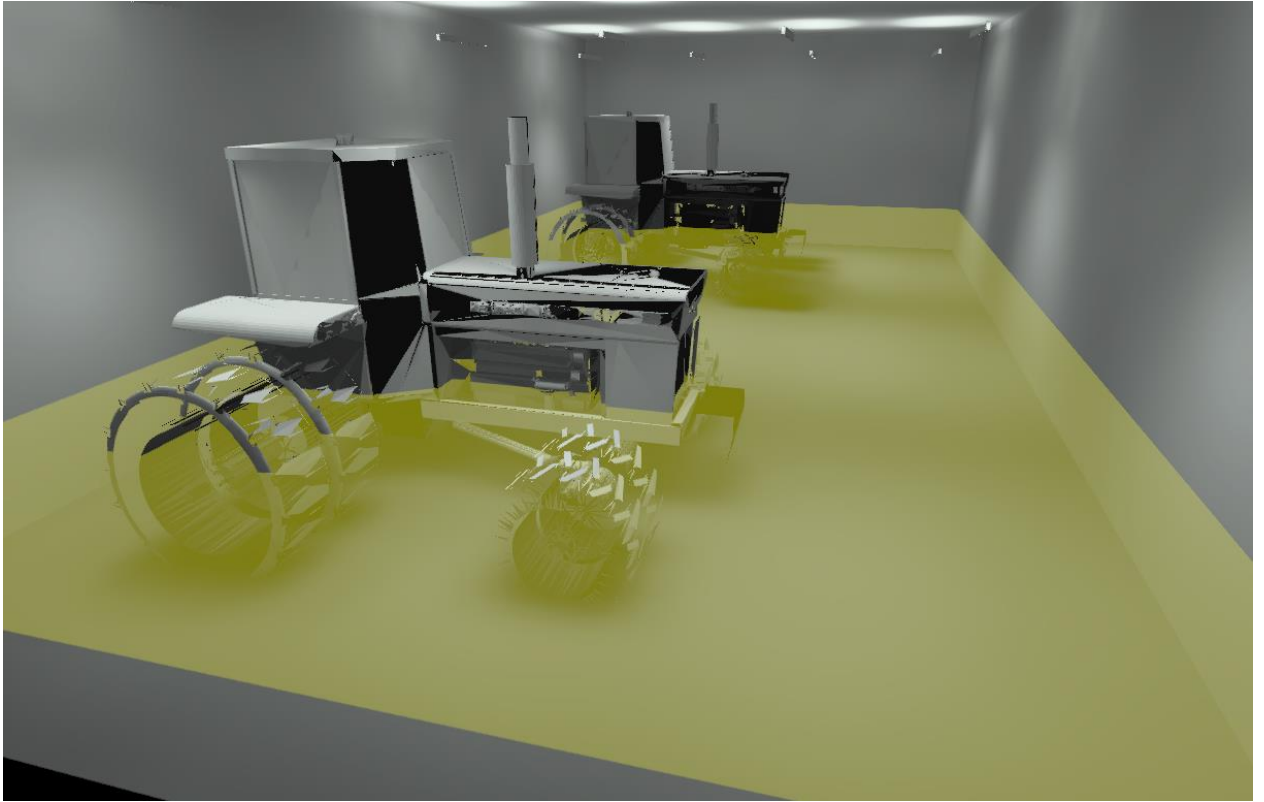


Рисунок 6.11 - . Модельне середовище для визначення рівня освітленості

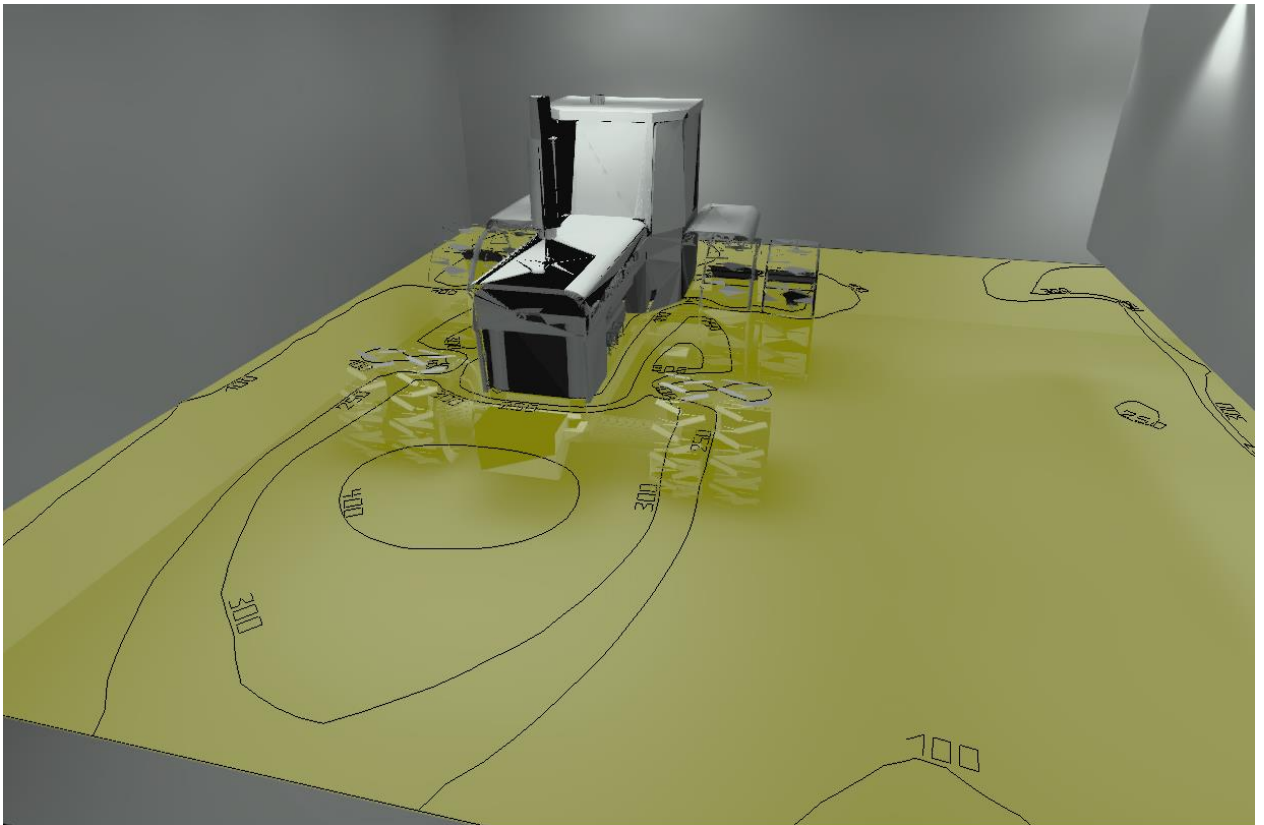


Рисунок 6.12 - . Встановлення світильників та визначення освітленості

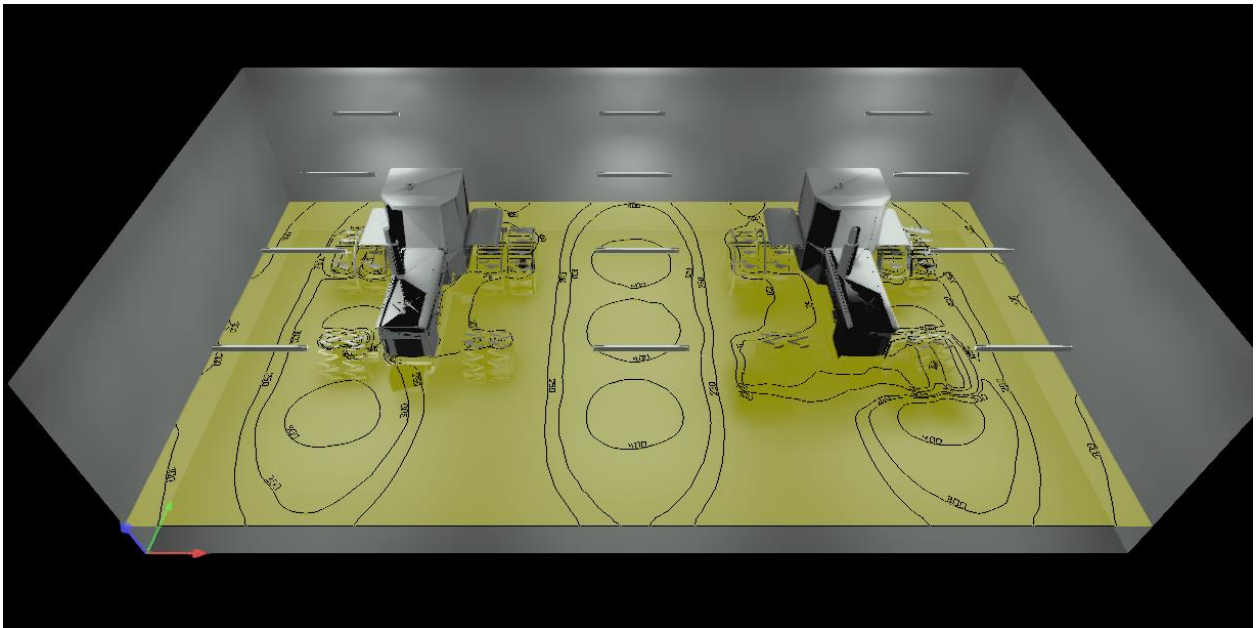


Рисунок 6.13 - Розміщення світильників у гаражному боксі

Для освітлення було обрано декоративний підвісний світильник INSPiRE для приміщень білий LED 36W 50 000 год 3000K 4140 lm DALI push dim CRI> 80 SDCM 3 UGR <10, литий алюміній і ПК, 230 В клас I IP20

6.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Було промодельована ситуація - вибух балону з пентанолом, модель розподілу наведена на рис. 6.14.

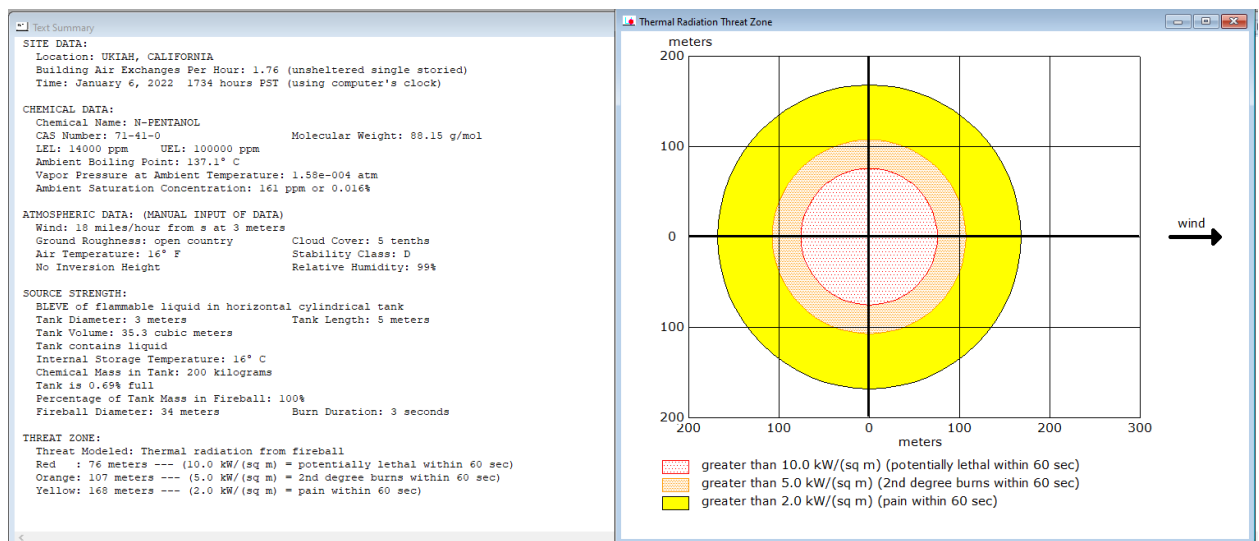


Рисунок 6.14 - Вихідні дані та графік розрахунку вибухової хвилі



Рисунок 6.15 - Відображення на ГІС-мапі у масштабі

Проаналізовано профілактичні заходи щодо дій у надзвичайних ситуаціях на рис. 16.

1-ПЕНТАНОЛ CAS #: 71-41-0 UN #: 1105 EINECS #: 200-752-1		К.С.С. : 0535 (Квітень, 2009)	
ПОЖЕХА І ВИБУХ	ОСОБЛИВІ НЕБЕЗПЕКИ Займиста. Нагрівання призводить до підвищення тиску із ризиком вибуху. При температурі, що перевищує 43°C, можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші пари з повітрям.	ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАХОДИ НЕ використовувати відкритий вогонь. НЕ допускати утворення іскор. НЕ КУРИТИ. При температурі понад 43°C застосовувати замкнуту систему вентиляцію та вибухозахищене електричне обладнання.	ТУШІННЯ ПОЖЕЖІ Використовувати спиртовий піну, порошок, двофазне вуглець. У разі пожежі: охолоджувати бочки тощо, розпророзуючи воду.
СИМПТОМИ		НЕ ДОПУСКАТИ ОСВІТИ ТУМАНУ!	
Вдихання	Кашель. Болі у горлі. Головний біль. Нудота. Запаморочення. Сонливість. Втрата свідомості.	ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАХОДИ Застосовувати вентиляцію, місцеву витяжку чи засоби захисту органів дихання.	ПЕРША ДОПОМОГА
Шкіра	Покчерення. Біль.	Замочити руки.	Змити забруднений одяг. Промити шкуру великою кількістю води або прийняти душ. Звернутися до лікаря, якщо ви відчуваєте нездужання.
Очі	Покчерення. Біль. Тимчасова втрата зору.	Використовувати закриті захисні окуляри або засоби захисту очей у комбінації із засобами захисту органів дихання.	Насамперед промити великою кількістю води (змити контактні лінзи, якщо це можливо зробити без труднощів), потім звернутися за медичною допомогою. Звернутися за медичною допомогою.
Прокочування	Біль в животі. Відкриття рани у горлі та грудях. Ділі Діє. Вдихання.	Не приймати їжу, напої та курити під час роботи.	Прополоскати рота. НЕ викликати блювання. Звернутися за медичною допомогою.
ЛІКВІДАЦІЯ ВИТОКІВ Видалити всі джерела займання. Індивідуальний захист: респиратор з фільтром для органічних газів та твердих частинок, що підходить для концентрації речовини у повітрі. Зібрати рідину, що підтис, в герметичні контейнери. Видалити рідину, що залишилася, за допомогою піску або негнотного абсорбенту. Потім зібрати та утилізувати відповідно до місцевих правил.		КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МАРКУВАННЯ Згідно з критеріями СМР ООН	
ЗБЕРІГАННЯ Забезпечити вогнестійкість. Окремо від сильних окисників.		ОБЕРЕЖНО	
УПАКОВКА		Горюча рідина і пара Може завдати шкоди при проковтуванні або контакті зі шкірою Може викликати подразнення шкіри та очей Може викликати подразнення дихальних шляхів Може спричинити сонливість або запаморочення Може згоріти легко при проковтуванні та попаданні в дихальні шляхи Транспортування Класифікація ООН Клас небезпек: ООН. 3; Група упаковки: ООН. III	

Рисунок 6.16 - Профілактичні заходи та перша допомога при вибуху водню

6.5 Висновки по розділу

Запропоновано чек листи для швидкої оцінки професійного ризику водіїв комбайну, який враховує вплив шкідливих виробничих факторів, які сприяють прояву професійних захворювань. Особливістю даного підходу є визначений взаємозв'язок між інтегральним критерієм професійного ризику водія і показниками, які характеризуються: ергономічним, психосоціальним, індивідуальним та гігієнічним факторами, які формуються умовами праці водія.

Розроблений чек-лист можна використовувати на без будь-якого додаткового обладнання та після проходження навчання для проведення тестування. Цей інструмент є надійним і простим інструментом для оцінки професійного ризику водіїв. Можна визначити рівень професійного ризику кожного фактору, що впливає на водія, і ним можна легко скористатися. Метод «WERA» є важливим фактором, необхідним для стимулювання вдосконалення, і корисним інструментом для водія, оскільки існує можливість запровадити заходи, щодо зниження рівня професійного ризику.

ВИСНОВКИ

Виконано огляд технологічного процесу та системи керування передачею даних. Об'єктом керування є продуктивність обробки даних сервером для забезпечення показників ефективності системи керування передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів.

Для математичного опису системи керування передачею даних при позиціюванні збиральних комбайнів обґрунтовано вибір методу систем масового обслуговування з необмеженою чергою, обрани показники ефективності.

Розроблено моделі системи передачею даних при позиціюванні зернозбиральних комбайнів на основі методів систем масового обслуговування з необмеженою чергою з використанням оцінок ефективності.

Розраховані значення показників ефективності системи передачі даних між сервером та зернозбиральними комбайнами з такими параметрами як інтенсивність надходження команд до серверу, інтенсивність обробки команд сервером, кількість серверів.

Розрахунок похибки моделювання на прикладі показника середня кількість команд у черзі/довжина черги підтверджує високий ступінь достовірності моделювання системи при виконанні дослідження.

Під час розрахунку та моделювання отримали підтвердження, що у випадку збільшення кількості комбайнів з 4 одиниць до 8 одиниць необхідно збільшити у два рази кількість серверів або збільшити продуктивність одного серверу у два рази $\mu = 10$ команд/сек.

Проведене моделювання дозволило підтвердити що довжина черги на обробку запитів сервером пропорційна кількості зернозбиральних комбайнів і зворотно пропорційна продуктивності серверу або кількості серверів та має межове значення на рівні 8-9 зернозбиральних комбайнів.

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 106 970 грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи

419882,28 грн. Проте, очікується додатковий прибуток у розмірі 6 493 500 грн та дуже швидкий термін окупності 0,005 року.

Запропоновано чек листи для швидкої оцінки професійного ризику водіїв комбайну, який враховує вплив шкідливих виробничих факторів, які сприяють прояву професійних захворювань. Особливістю даного підходу є визначений взаємозв'язок між інтегральним критерієм професійного ризику водія і показниками, які характеризуються: ергономічним, психосоціальним, індивідуальним та гігієнічним факторами, які формуються умовами праці водія.

Перелік посилань

1. ДСТУ 3008-98. Документація, звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К.: Держстандарт, 1998. – 37 с.
2. Microsoft Corporation. Принципи проектування та розробки програмного забезпечення. Учбовий курс MSCD: Пер. з англ. – М.: Видавничий-торговий дім «Русская редакция», 2002. – 736 с.
3. Астелс Давид, Миллер Гранвилл, Новак Мирослав. Практическое руководство по экстремальному программированию: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 320 с.
4. Дмитрій Каталевский. Основи імітаційного моделювання та системного аналізу в управлінні. ISBN: 978-5-7749-1072-4.
5. Бертран Мейер. Объектно-ориентированное конструирование программных систем. Издательство «Русская Редакция». ISBN 5-7502-0255-0, 0-13-62155-4.
6. Эрих Гамма, Ричард Хелм. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. Издательство «Питер». ISBN 978-5-459-01720-5, 978-5-496-00389-6.
7. Илья Григорьев. AnyLogic: практическое пособие по имитационному моделированию. Издательство «Русская Редакция». 2014.

Додаток А

Модулі системи керування передачею даних при керуванні зернозбиральними комбайнами

А.1 Модулі системи керування передачею даних при керуванні зернозбиральними комбайнів з одним сервером

А.1.1 Модуль вихідних сигналів Source

Кількість згенерованих сигналів – 14 510;

Інтенсивність навантаження системи ρ – згідно часу між прибуванням $\text{exponential}(1/250.0)$ м/с;

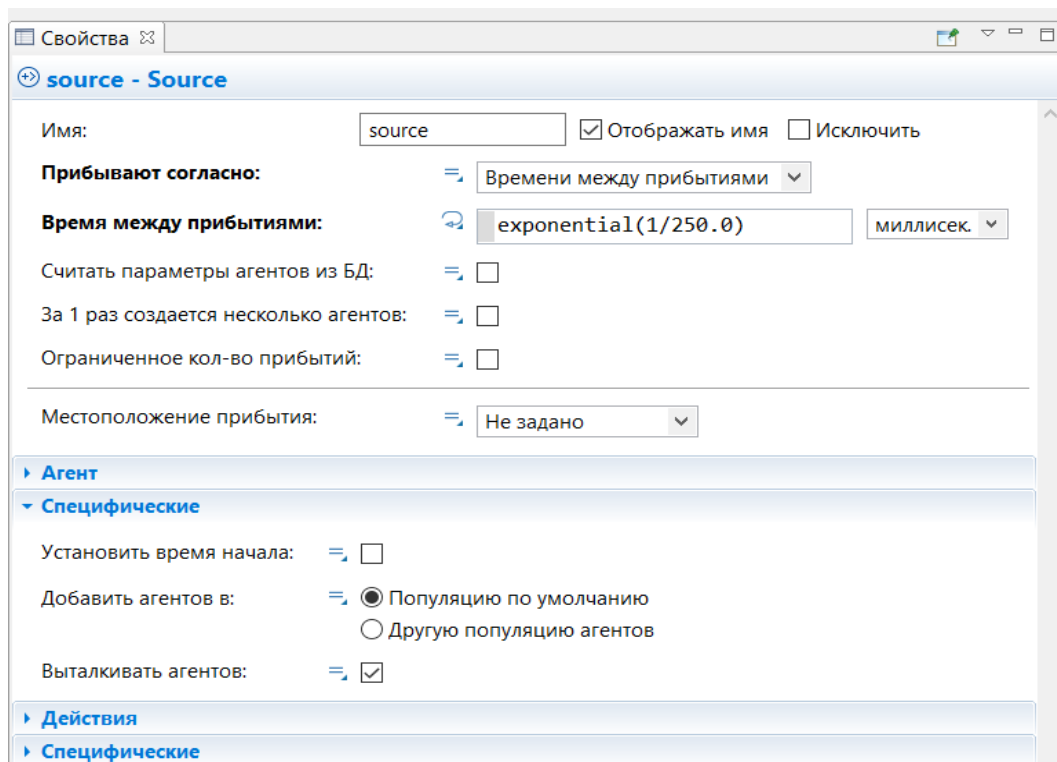


Рисунок А.1.1 – Налаштування модулю Source

А.1. 2 Модулі обробки черги Queue

Ємність черги – 100 сигналів;

Порядок обробки – FIFO;

Виштовхування сигналів – 1;

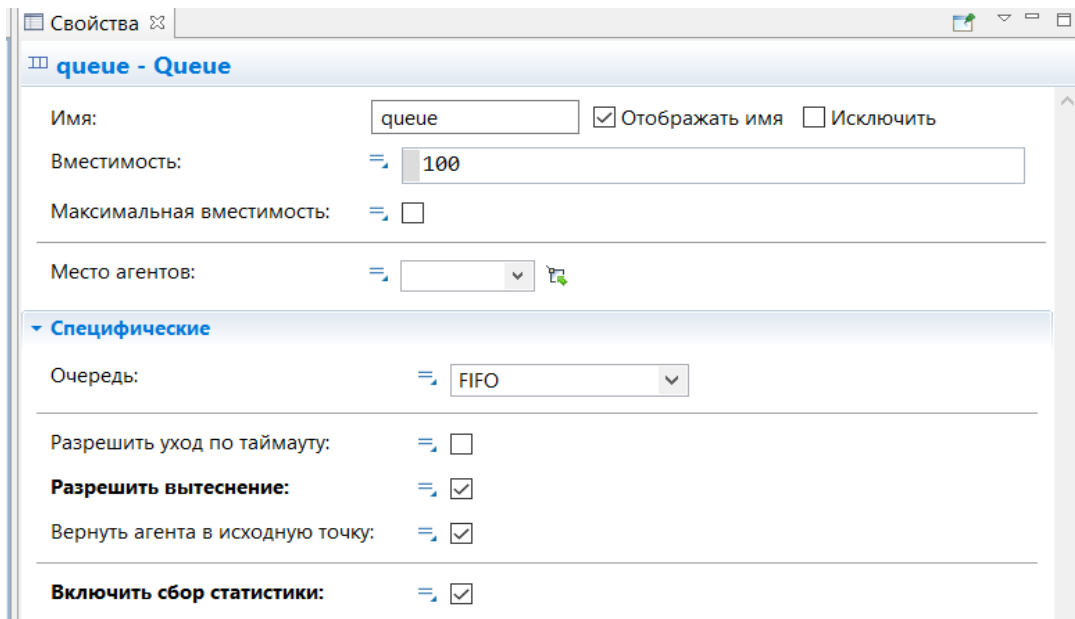


Рисунок А.1.2 – Налаштування компоненту Queue

А.1.3 Модуль затримки Delay

Продуктивність серверу μ – $\text{exponential}(1/200)$ м\с;

Ємність модулю – 1 сигнал;

Виштовхування сигналу – 0;

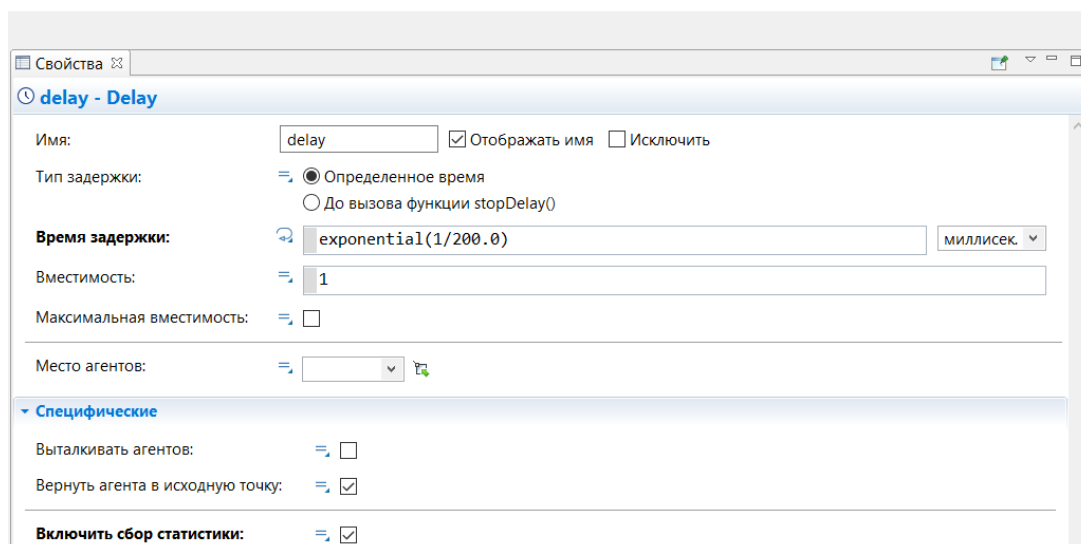


Рисунок А.1.3 – Налаштування компоненту Delay

А.2 Модулі системи керування передачею даних при керуванні зернозбиральними комбайнів з одним сервером підвищеної продуктивності

Кількість згенерованих сигналів – 14 510;

Інтенсивність навантаження системи ρ – згідно часу між прибуванням $\text{exponential}(1/250.0)$ м/с;

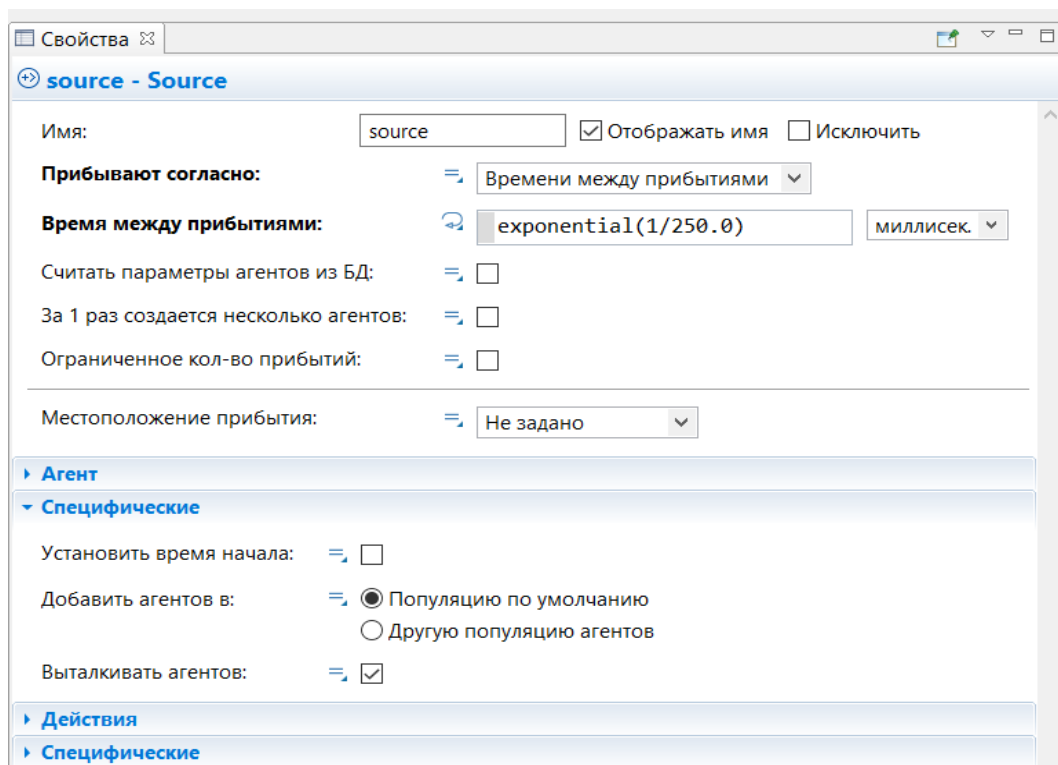


Рисунок А.2.1 – Налаштування компоненту Source

Ємність черги – 100 сигналів;

Порядок обробки – FIFO;

Виштовхування сигналів – 1;

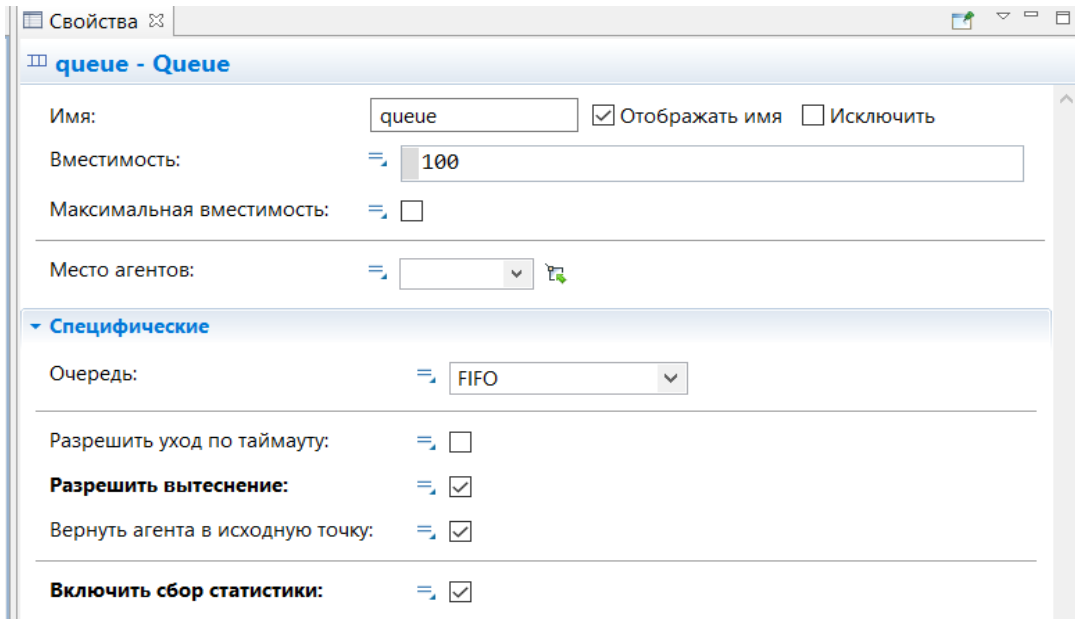


Рисунок А.2.2 – Налаштування компоненту Queue

Продуктивність серверу μ – $\text{exponential}(1/100)$ м\с;

Ємність модулю – 1 сигнал;

Виштовхування сигналу – 0;

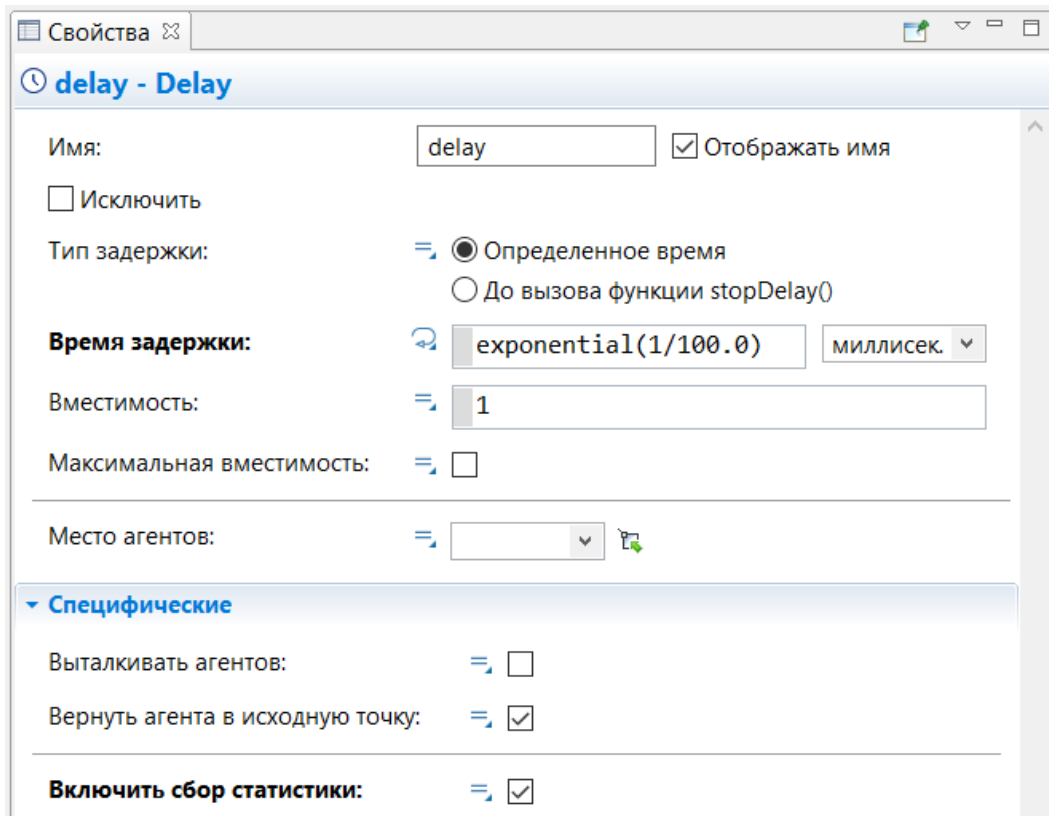


Рисунок А.2.3 – Налаштування компоненту Delay

А.1 Модулі системи керування передачею даних при керуванні зернозбиральними комбайнів з двома серверами

А.3.1 Модуль вихідних сигналів Source

Кількість згенерованих сигналів – 14 510;

Інтенсивність навантаження системи ρ – згідно часу між прибуванням $\text{exponential}(1/250.0)$ м/с;

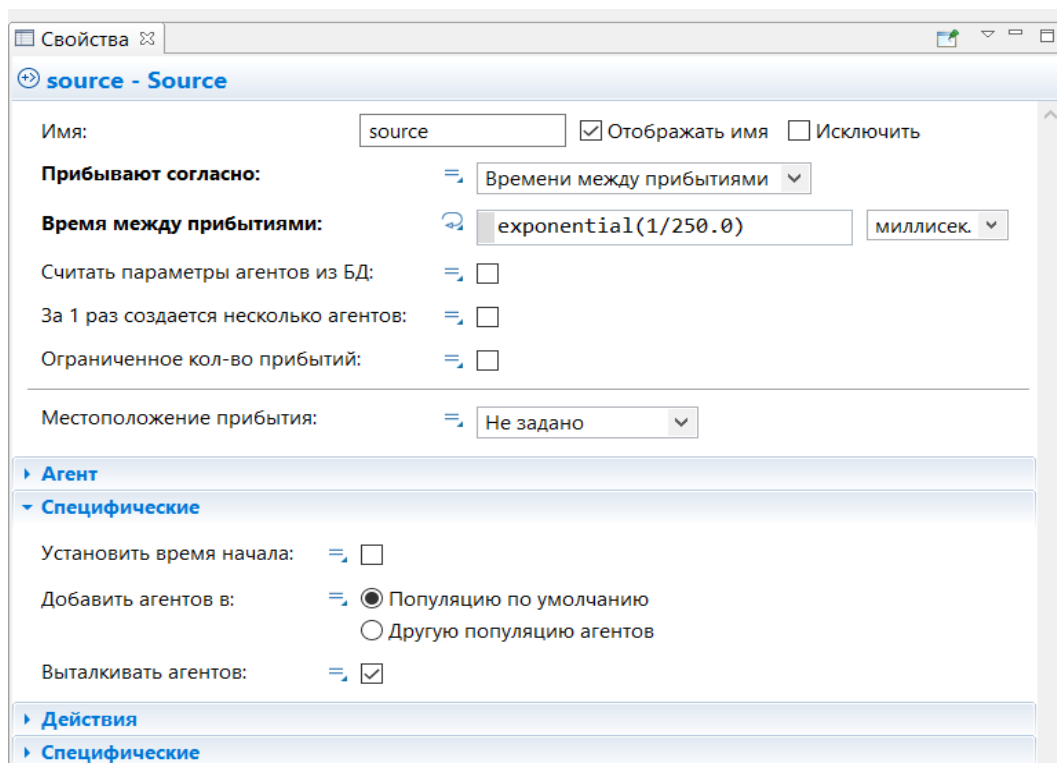


Рисунок А.3.1 – Налаштування модулю Source

А.3.2 Модулі обробки черги Queue1 та Queue2

Ємність черги – 100 сигналів;

Порядок обробки – FIFO;

Виштовхування сигналів – 1;

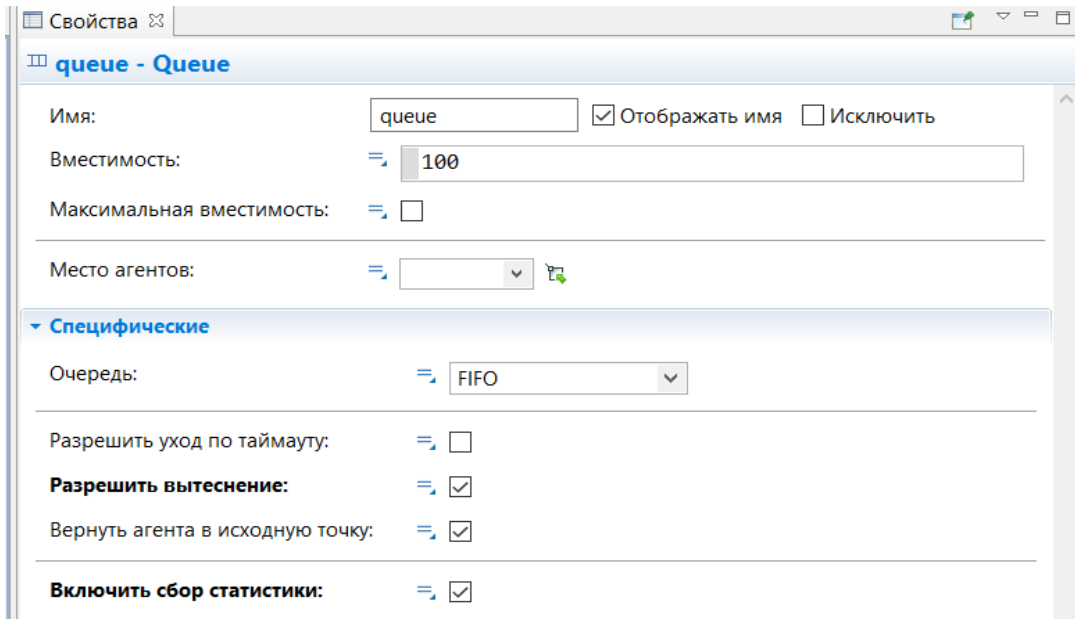


Рисунок А.3.2 – Налаштування компоненту Queue

А.3.3 Модуль затримки Delay1 та Delay2

Продуктивність серверу μ – $\text{exponential}(1/200)$ м\с;

Ємність модулю – 1 сигнал;

Виштовхування сигналу – 0;

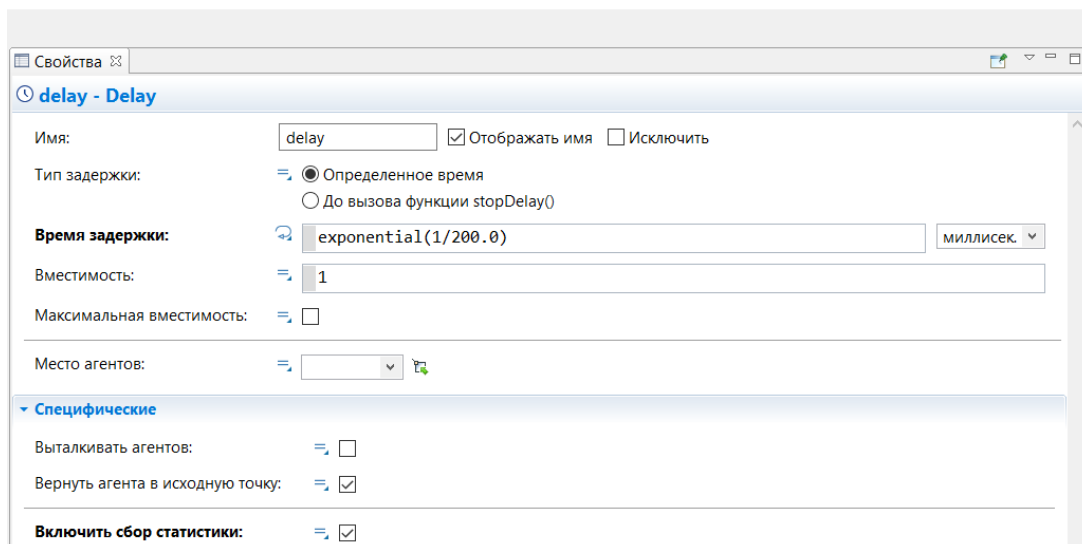


Рисунок А.3.3 – Налаштування компоненту Delay

Додаток Б

Моделювання системи керування передачею даних при керуванні зернозбиральними комбайнами

Б.1 Система керування передачею даних при керуванні зернозбиральними з одним сервером

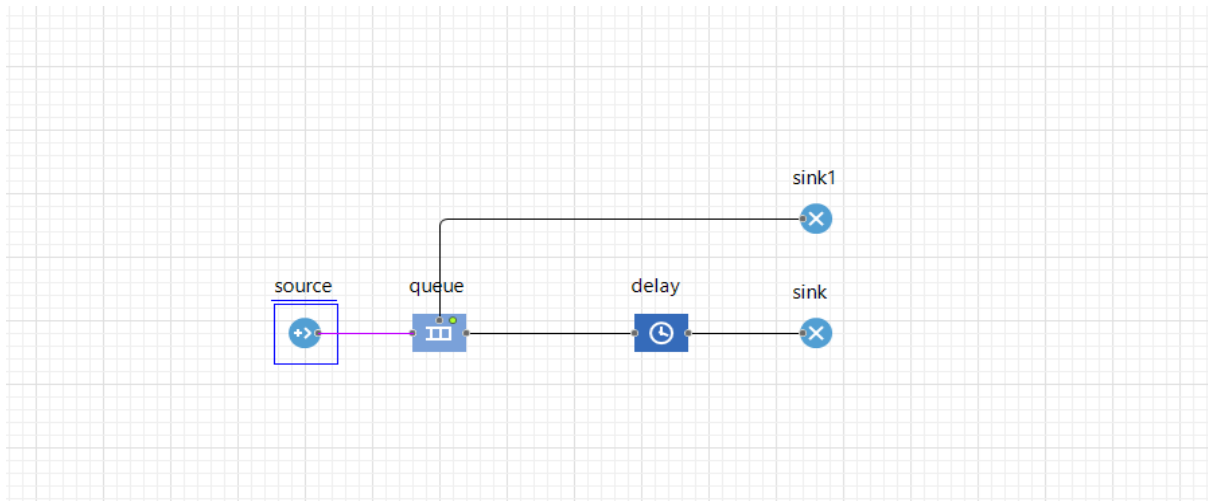


Рисунок Б.1.1 – Імітація комп'ютерної системи контролю з одним сервером

Налаштування імітаційної моделі серверу:

ОЗУ: 512мб;

Час симуляції моделі: 3600 сек ;

Агент верхнього рівню: Main;

Режим виконання: Віртуальний час;

Випадковість: Фіксовані прогони – 9.

Б.2 Система керування передачею даних при керуванні зернозбиральними з одним сервером з підвищеною продуктивністю

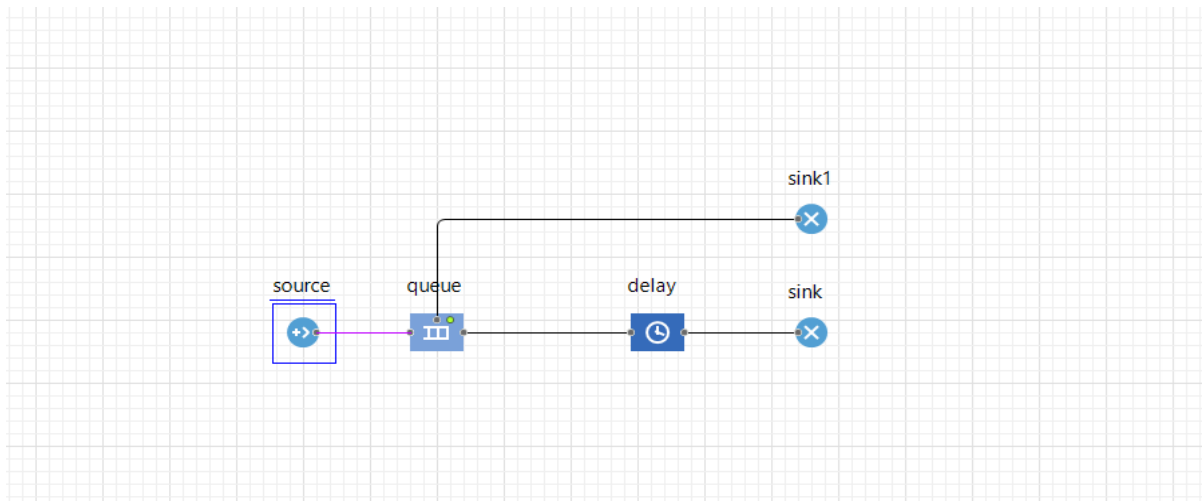


Рисунок Б.2.1 – Модель комп'ютерної системи з одним сервером підвищеної продуктивності

ОЗУ: 512мб;

Час симуляції моделі: 3600 сек ;

Агент верхнього рівню: Main;

Режим виконання: Віртуальний час;

Випадковість: Фіксовані прогони – 9.

Б.3 Система керування передачею даних при керуванні зернозбиральними з двома серверами

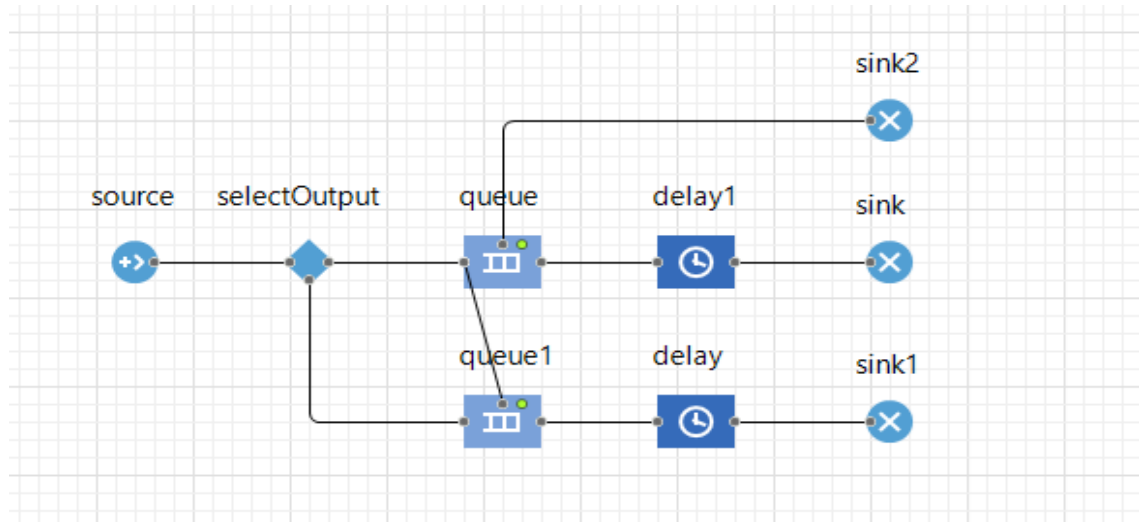


Рисунок Б.3.1 – Модель комп'ютерної системи з двома серверами однакової продуктивності

ОЗУ: 512мб;

Час симуляції моделі: 3600 сек;

Агент верхнього рівню: Main;

Режим виконання: Віртуальний час;

Випадковість: Фіксовані прогони – 9.