

Моделювання технологічних процесів основного обробітку ґрунту

О.І. Анікєєв¹, М.П. Артёмов², К.Г. Сировицький³, С.А. Чигрина⁴

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

email: ¹ anikeev55@ukr.net, ² artiomovprof@ukr.net, ³ gaver89@ukr.net,

*⁴ chygryn_s@ukr.net; ORCID: ¹ 0000-0002-5495-6871, ² 0000-0002-2947-2664,
³ 0000-0003-0250-8994, ⁴ 0000-0003-4216-8664*

В статті приведено результати розробки алгоритмів технологічного процесу основного обробітку ґрунту з метою оптимізації. Авторами розроблена методика моделювання технологічних процесів основного обробітку ґрунту на прикладі технологічного процесу внесення мінеральних добрив з одночасною заробкою їх у ґрунт. Для спрощення процедури обчислювання використовується принцип статистичного імітаційного моделювання за факторами, які впливають на зміни продуктивності агрегату, визначення витрат палива на одиницю виконаної роботи, та на виконання заданого об'єму робіт. Наведені фактори, що впливають на потужність. Обґрунтоване визначення складу засобів механізації ланок, які задіяні в заданому технологічному процесі. Робота виконується за допомогою комп'ютерної програми на базі MS Excel, яка дає можливість в режимі «експрес» корегувати хід виконання заданого технологічного процесу. У програму була внесена велика кількість марок тракторів та сільськогосподарських машин якими можна виконувати цей процес, з числа яких вибираємо ту машину або трактор які потрібні для виконання роботи, тобто складаємо з них потрібні агрегати. У базу даних занесені не тільки їх марки, а і їх технічні характеристики, за допомогою яких буде вирішуватися поставлена задача. У програмі наведена інформація по визначенню потрібної кількості мінеральних добрив по полях сівозмін. Основна задача цієї методики обґрунтування кількісного складу засобів механізації ланок, які забезпечують виконання процесу внесення мінеральних добрив з урахуванням форс-мажорних ситуацій у заданий час його виконання.

Ключові слова: моделювання, технологічні процеси, основний обробіток ґрунту, імітація, математична модель, обґрунтування.

Актуальність проблеми. Наприкінці 80-х років науковці дійшли до висновку, що тільки системний аналіз у поєднанні з математичним моделюванням властивих йому процесів і взаємозв'язків є найбільш ефективним напрямом наукових досліджень у галузі сільськогосподарського виробництва. У наукових працях академіка Л.В. Погорілого вперше обґрунтовано необхідність застосування системного аналізу для дослідження проблем машиновикористання [1, 2]. Це здійснюється шляхом узагальнення ретроспективних даних або методом моделювання на ЕОМ. Для спрощення процедури обчислювання на ЕОМ використовується принцип статистичного імітаційного моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Втіленням тривалих наукових досліджень Е.А. Фіна є розробки з оптимального складу машинно-тракторного парку і керування використанням техніки на основі оптимальних графіків завантаження МТП, [3]. Ним розроблено моделі: імітаційну по парку машин; агрегатну і матричну системи машин для комплексної механізації рослинництва; а також методи оптимізації експлуатаційних систем сільськогосподарської техніки. У

роботах І.І. Мельника, С.М. Бондаря [4, 5] система вбачається, як деяка цілісність, що складається із взаємозалежних елементів, кожний з яких чинить свій внесок у характеристики цілісного й у свою чергу також може бути системою. Ці частини взаємозалежні. Якщо одна з них буде відсутня або неефективно функціонувати, то система не досягне своєї мети, тобто не буде ефективною. Зрозуміло, що ситуаційний підхід повинен передбачати моделювання ситуації. Завдання подібного моделювання виробити рекомендації (методи, способи та ін.) щодо ефективності системи (як „поводитися” у середовищі щоб досягти мети системи).

Результати досліджень. Розроблена математична модель дає змогу по-перше, визначити раціональні структури посівних площ як основу для обґрунтування раціонального складу машинних агрегатів та комплексів машин у системі сівозмін господарства, по-друге, виконувати уточнений розрахунок норм виробітку та витрат палива при роботі машинних агрегатів відповідно до розробленої градації коректив для визначення коефіцієнта складності умов їх використання, по-третє, оптимізувати комплекс машин та

машинно-тракторних агрегатів при виконанні деякого технологічного процесу в залежно від площі вирощування культури. Розроблена й впроваджена у виробництво та навчальний процес система «Комплексне машиновикористання», що передбачає комбіноване вирішення задачі обґрунтування складу комплексів машин і структури машинного парку [5].

В наукових працях В.І. Пастухова виконано постановку і аналіз задачі прийняття раціональних рішень машиновикористання за трьома критеріями збереженості: ресурсів, довкілля та біологічного потенціалу сільськогосподарських культур [6]. Вченим вирішено науково-технічну проблему, що має значення для підвищення ефективності використання машин у складі комплексів при виробництві продукції рослинництва.

Авторами розроблена методика моделювання технологічних процесів основного обробітку ґрунту на прикладі технологічного процесу внесення мінеральних добрив з одночасною заробкою їх у ґрунт. По перше мета завдання складає вибір технології внесення добрив, забезпечення поточковості виконання процесу усіма ланками внесення добрив, їх заробки у ґрунт, та підвезення добрив зі складу зберігання до поля та виконання робіт в установлені строки. У роботі є можливість відображення зупинок агрегатів по причинах форсмажорних ситуацій, відмов роботи, погодні умови тощо. Роботою передбачено організація виконання заданого технологічного процесу, а саме послідовності виконання робіт на полях сівозмін, маршрутів руху агрегатів, в залежності від відстані розташування сівозмін від базового господарства, переїзdv з поля на поле сівозміни, переїзdv агрегатів з сівозміни на сівозміну.

Такі типи завдань впроваджені в учбовий процес з дисципліни «Експлуатація машин та обладнання» дають змогу студентам зрозуміти які фактори впливають на зміни продуктивності агрегату, визначення дійсної продуктивності агрегату, виробітку агрегатів за робочий день, визначення витрат палива на одиницю роботи, та на виконання заданого об'єму робіт. Обґрунтовано визначення складу засобів механізації ланок які задіяні в заданому технологічному процесі, та мають бути причетними в організації виконання цього процесу в режимі «експрес».

Методика обґрунтування кількісного складу агрегатів при виконанні заданого технологічного процесу. Робота виконується за допомогою комп'ютерної програми на базі MS Excel, яка дає можливість в режимі «експрес» корегувати хід виконання заданого технологічного процесу. У програму була внесена велика кількість марок тракторів та сільськогосподарських машин якими можна виконувати цей процес, з числа яких вибираємо ту машину або трактор які потрібні для

виконання роботи, тобто складаємо з них потрібні агрегати. У базу даних занесені не тільки їх марки, а і їх технічні характеристики, за допомогою яких буде вирішуватися поставлена задача.

На цьому етапі вносимо в програму засоби механізації, та їх технічні характеристики, які задіяні у цьому процесі (Рис. 1, 2, 3)

Марка трактора	Операція	Кількість, шт.	Клас тяги трактору	Маса, кг	Потужність двигуна, кВт	Потужність двигуна, к.с.
Беларус-922	Внесення мінеральних добрив	1	1,4	4300	65	88,7
Беларус-1021	Внесення мінеральних добрив	1	1,4	4300	65	88,7
FENDT 900 VARIO 930	Дискування	1	0	10190	221	300

Рис. 1 Вибір марок тракторів, з числа можливих, та занесення їх у програму

Марка	Агрегується з тракторами тягового класу	Кількість, шт.	Тип	Маса, кг	Ширина захвату, м	Кінематична довжина, м
БРС-6.3В	5	1	причпна	5297	6,3	9,27

Рис. 2. Вибір марок сільськогосподарських машин, з числа можливих, та занесення їх у програму

Марка трактора	Операція	Кількість, шт.	Клас тяги трактору	Маса, кг	Потужність двигуна, кВт	Потужність двигуна, к.с.
Беларус-922	Внесення мінеральних добрив	1	1,4	4300	65	88,7
FENDT 900 VARIO 930	Внесення мінеральних добрив	1	1,4	4300	65	88,7
FENDT 900 VARIO 930	Дискування	1	0	10190	221	300

Рис. 3 Технічні характеристики тракторів

Вводимо у програму марку тракторів які будуть виконувати заробку мінеральних добрив у ґрунт, тобто 2 трактора Беларус-922 задіяні на внесенні добрив, та 3 трактора FENDT 900 VARIO 920 задіяні на заробці добрив.

Технічні характеристики агрегатів потрібні для визначення продуктивності та витрат палива агрегатом при виконанні заданого технологічного процесу.

У програмі наведена інформація по визначенню потрібної кількості мінеральних добрив по полях сівозмін (Рис 4).

	A	B	C	D	E
102	– перша сівозмiна розташована на пiвнiч вiд базової територiї.				
103	Номер поля	Вiдстань до БТ, км	Вiдстань до МЗД, км	Площа поля, га	Кiлькiсть добрив, т
104	1.1	17	15	105	36,75
105	1.2	16	14	125	43,75
106	1.3	18	16	128	44,80
107	1.4	19	17	122	42,70
108			Разом:	480	168,00
109					
110	– друга сівозмiна розташована на пiвдeнний схiд вiд базової територiї.				
111	Номер поля	Вiдстань до БТ, км	Вiдстань до МЗД, км	Площа поля, га	Кiлькiсть добрив, т
112	2.1	24	26	98	34,30
113	2.2	22	24	108	37,80
114	2.3	21	23	112	39,20
115	2.4	24	26	106	37,10
116	2.5	25	27	133	46,55
117			Разом:	557	194,95
118					
119	– третя сівозмiна розташована захiднiше вiд базової територiї.				
120	Номер поля	Вiдстань до БТ, км	Вiдстань до МЗД, км	Площа поля, га	Кiлькiсть добрив, т
121	3.1	7	9	110	38,50
122	3.2	6	8	102	35,70
123	3.3	8	10	116	40,60
124	3.4	9	11	99	34,65
125			Разом:	427	149,45

Рис. 4 Обґрунтування необхідної кількості мінеральних добрив по полях сівозмiни

Основна задача цієї методики обґрунтування кількісного складу засобів механізації ланок, які забезпечують виконання процесу внесення мінеральних добрив з урахуванням форс-мажорних ситуацій у заданий час його виконання.

При обґрунтуванні швидкості руху агрегату підбираємо ту передачу яка має найбільшу величину в межах агротехнічно-допустимих швидкостей (Рис. 5), коли ці умови використані програма дозволяє продовжувати розрахунки

	A	B	C	D	E
55	$W_{\text{год.змі}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau$, га/год.				
56					
57	де: B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;				
58	V_p – робоча швидкість агрегату, км/год.;				
59	V_p .Беларус-922+МВД-1000=	9,20	Допустимо	Внесення добрив	
60	V_p .Беларус-922+МВД-1000=	9,20	Допустимо		
61	V_p .+=		Допустимо		
62	V_p .FENDT 900 VARIO 930+БПС-6,3В=	9,30	Допустимо	Дискування (заробка добрив)	
63	V_p .FENDT 900 VARIO 930+БПС-6,3В=	9,30	Допустимо		
64	V_p .FENDT 900 VARIO 930+БПС-6,3В=	9,30	Допустимо		
65	V_p .+=	50,00	Допустимо	Транспортування	
66	V_p .+=	0,00	Допустимо		

Рис. 5 Обґрунтування швидкості руху агрегату

Коли ці умови використані програма дозволяє продовжувати розрахунки

Робота виконується таким чином. У програму Excel у розділ «Продуктивність агрегатів для внесення добрив», та «Продуктивність агрегатів для заробки добрив» вже автоматично занесені агрегати які будуть виконувати ці операції.

В роботі відображається час виконання роботи позначкою 1 або менше, в залежності від того, повний чи не повний час виконується робота, відображається і регламентований час обідня перерва 0,5 години, та час простою агрегатів, пов'язаного з відмовою його роботи, або по погодним умовам та ін., це відображається позначкою «0» у графі «Використання часу» (Рис. 6). На прикладі цього малюнку продемонструємо ці позначення: у колонці А кількість годин роботи за добу, у нашому випадку 14 годин. У колонках В, D, F продуктивність кожного агрегату за годину змінного часу. У колонках С, Е, G використання часу агрегатом. У колонках H, I відповідно сумарна годинна продуктивність агрегатів, та сумарна продуктивність роботи агрегатів наростаючим підсумком.

Робота з таблицею «Продуктивність агрегатів по заробці добрив у ґрунт» виконується аналогічно.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
145	Таблиця продуктивності агрегатів для внесення мінеральних добрив									
146	Години зміни	Продуктивність Беларус-922 + МВД-1000, га	Використання часу Беларус-922 + МВД-1000, год.	Продуктивність Беларус-922 + МВД-1000, га	Використання часу Беларус-922 + МВД-1000, год.	Продуктивність +, га	Використання часу +, га	Сумарна годинна продуктивність розкладів, га	Сумарна продуктивність розкладів, га	
147	Перший день (03.10)									
148	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	
149	2	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	13,41	
150	3	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	26,82	
151	4	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57	29,39	
152	5	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	42,80	
153	6	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	56,21	
154	7	5,97	0,65	5,97	0,65	0,00	0	11,94	68,15	
155	8	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	81,57	
156	9	5,79	0,63	5,79	0,63	0,00	0	11,57	93,14	
157	10	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	106,55	
158	11	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57	109,12	
159	12	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	122,53	
160	13	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	135,94	
161	14	3,03	0,33	3,03	0,33	0,00	0	6,06	142,00	
162	Другий день (04.10)									
163	1	2,11	0,23	2,11	0,23	0,00	0	4,23	146,23	
164	2	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	159,64	
165	3	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	173,05	
166	4	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57	175,62	
167	5	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41	189,03	

Рис. 6. Фрагмент визначення продуктивності агрегатів при внесенні мінеральних добрив двома агрегатами

Головною ознакою правильності виконання роботи це потоковість роботи. Сумарна продуктивність агрегатів по внесенню добрив у ґрунт продовж робочого дня повинна бути більшою або рівною сумарній продуктивності агрегатів по їх заробці. Враховуючи двозмінний робочий день кількість механізаторів буде два.

Враховуючи що переїзд агрегатів в перший день роботи виконується на значну відстань підготовчий час $T_{п.з}$ агрегатів виконується до початку зміни, а сам переїзд $T_{п.дд}$ враховуємо у час

зміни. У наступному розрахунку переїздів агрегатів з поля на поле сівозмін, а також між сівозмінами буде враховано у час зміни.

Методика виконання. При розрахунку оптимальної моделі послідовності транспортування, внесення добрив по поверхні поля, заробка їх у ґрунт з використанням агрегатів з важкими дисковими боронами необхідно розставити пріоритети у циклі взаємопов'язаних операцій. Нижче представлено графічну модель послідовності (Рис. 7).

Для забезпечення системної цілісності заданого технологічного процесу у циклі взаємопов'язаних операцій необхідно виконати умову його поточності за рівнянням:

$$W_{в,д}n_{в,д}H_d = W_{тр,д}n_{тр,д} = W_{з,д}n_{з,д} \quad (1)$$

де: $W_{в,д}$, $W_{тр,д}$; $W_{з,д}$ – відповідно виробіток агрегатів для внесення добрив за добу, га;

виробіток транспортного засобу для підвезення добрив до поля, т; виробіток агрегатів для заробки добрив у ґрунт, га; $n_{в,д}$; $n_{тр,д}$; $n_{з,д}$ – відповідно кількість агрегатів для внесення добриву ґрунт, їх транспортування, та заробки у ґрунт, шт, H_d – доза внесення добрив у ґрунт, т/га.

Результати моделювання процесу внесення добрив по поверхні поля з одночасною їх заробкою з урахування поточності його виконання отримані за умовними даними, що одержані в результаті порівняльного аналізу рівнів господарств Харківської області [7].

Робочий день приймаємо двозмінний, тобто 14 годин, це позначено у стовбці А. Заносимо у таблицю, стовбці С та Е, чистий час роботи у продовж години роботи агрегатів для внесення мінеральних добрив (Рис. 8).



Рис. 7. Оптимальна модель послідовності циклу взаємопов'язаних операцій

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І
Таблиця продуктивності агрегатів для внесення мінеральних добрив								
Години зміни	Продуктивність Беларус-922+МВД-1000, га	Використання часу Беларус-922+МВД-1000, год.	Продуктивність Беларус-922+МВД-1000, га	Використання часу Беларус-922+МВД-1000, га	Продуктивність +, га	Використання часу +, га	Сумарна годинна продуктивність розкидачів, га	Сумарна продуктивність розкидачів, га
Перший день (03.10)								
145								
146								
147								
148								
149	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
150	2	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
151	3	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
152	4	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57
153	5	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
154	6	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
155	7	5,97	0,65	5,97	0,65	0,00	0	11,94
156	8	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
157	9	5,79	0,63	5,79	0,63	0,00	0	11,57
158	10	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
159	11	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57
160	12	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
161	13	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
162	14	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
163								
Другий день (04.10)								
164	1	2,11	0,23	2,11	0,23	0,00	0	4,23
165	2	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
166	3	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
167	4	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57
168	5	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
169	6	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
170	7	5,97	0,65	5,97	0,65	0,00	0	11,94
171	8	5,79	0,63	5,79	0,63	0,00	0	11,57
172	9	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
173	10	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
174	11	1,29	0,14	1,29	0,14	0,00	0	2,57
175	12	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
176	13	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41
177	14	6,71	0,73	6,71	0,73	0,00	0	13,41

Рис. 8. Визначення продуктивності роботи агрегату за робочий час, та сумарної продуктивності агрегатів

Автоматично результати виробітку заносяться у графік (Рис. 9) ломана лінія з ромбом, а для агрегатів для заробки добрив у ґрунт ломана лінія з квадратом.

На цьому рисунку автоматично визначається витрата палива за годину роботи, сумарна витрата палива розкидачами ломана лінія з трикутником, а з колом агрегатів для заробки добрив у ґрунт.

Данні які зображені на (Рис. 9) дають змогу визначити виробіток за день агрегатів по внесенню мінеральних добрив, та їх заробку у ґрунт, визначити витрату палива агрегатами.

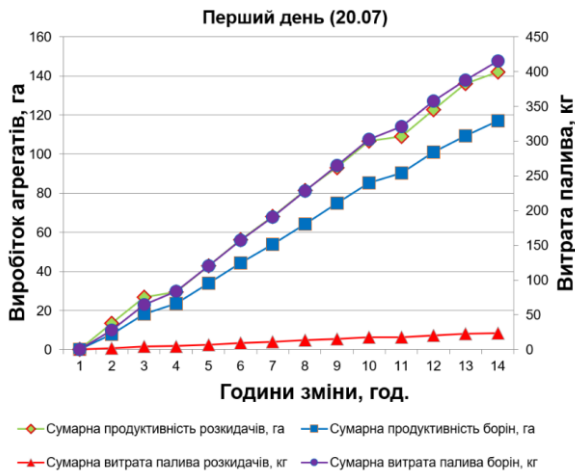


Рис. 9. Продуктивність та витрата палива при виконанні заданого технологічного процесу

Маючи такі графіки легко відслідковувати потоковість виконання цього процесу, тобто сумарно продуктивність агрегатів по заробці добрив у ґрунт не перевищує продуктивність агрегатів по внесенню їх у ґрунт, тобто ця програма відповідає поставленій меті.

Кінцеві результати роботи: (Рис 10, 11):

– весь період роботи, як відображено на рисунку 5.4, не було ситуації коли було порушено потоковість виконання заданого технологічного процесу;

– з урахуванням форс мажорних ситуацій на виконання робіт на площі 1464 гектара потрібно 13 робочих днів роботи агрегатів по внесенню добрив по поверхні поля, та 14 робочих днів потрібно на заробку їх у ґрунт, в останній день роботи закінчували роботу не 3 агрегати по заробці добрив у ґрунт, а два, на третій агрегат можна планувати іншу роботу;

– сумарна витрата пального при внесенні добрив складала 245 літрів;

– сумарна витрата пального при заробці добрив у ґрунт складала 5191 літрів;

– середня годинна продуктивність агрегатів для внесення добрив по поверхні поля складала [8];

$$W_{Г.зм} = \frac{W}{n_a T_{р.д} D_p}, \text{ га год,}$$

де W – об'єм роботи, га; n_a – кількість агрегатів які потрібні на виконання роботи, шт; $T_{р.д}$ – тривалість робочого дня, год; D_p – кількість робочих днів.

$$W_{Г.зм} = \frac{1464}{2 \cdot 14 \cdot 13} = 4,02, \text{ га/год,}$$

– середня годинна продуктивність агрегатів для заробки добрив у ґрунт складала;

$$W_{Г.зм} = \frac{1464}{3 \cdot 14 \cdot 14} = 2,49, \text{ га/год,}$$

Розрахункова продуктивність дорівнювала 5,7 га/год, що на 1,68 га/год більше фактичної при внесенні добрив, при заробці добрив - 2,49, що на 0,41 га/год більше ніж фактична. Це потрібно враховувати при організації та плануванні роботи в технологічних процесах.

	A	B	C	D	E
998	Зведена таблиця агрегатів				
999	Дні	Сумарна продуктивність розкидачів, га	Сумарна продуктивність борін, га	Сумарна витрата палива розкидачів, кг	Сумарна витрата палива борін, кг
1000	1	142,00	117,13	23,74	415,36
1001	2	288,23	243,16	48,19	862,24
1002	3	394,88	369,18	66,02	1309,13
1003	4	493,53	468,53	82,51	1661,44
1004	5	628,73	590,89	105,11	2095,35
1005	6	765,78	692,69	128,02	2456,32
1006	7	765,78	692,69	128,02	2456,32
1007	8	833,38	814,01	139,33	2886,51
1008	9	909,07	909,00	151,98	3223,37
1009	10	1054,19	1029,80	176,24	3651,72
1010	11	1202,26	1149,54	201,00	4076,35
1011	12	1353,27	1269,29	226,24	4500,98
1012	13	1464,04	1391,13	244,76	4933,03
1013	14	1464,04	1463,99	244,76	5191,39

Рис. 10. Сумарна продуктивність та витрати палива на весь період роботи агрегатів при виконанні заданого технологічного процесу

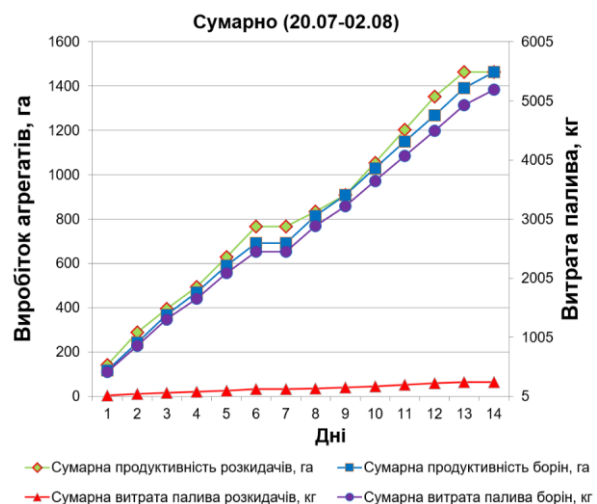


Рис. 11. Сумарна продуктивність та витрати палива на весь період роботи агрегатів при виконанні заданого технологічного процесу в графічному відображенні

Висновки.

1. У роботі розроблено методику вирішення задачі на базі MS Excel, яка дає можливість обґрунтувати необхідну кількість агрегатів, на виконання заданого об'єму робіт у задані строки, з урахуванням форс мажорних ситуацій в режимі «експрес», максимально наближено до виробничих умов при внесенні мінеральних добрив з одночасною їх заробкою у ґрунт.

2. Визначена фактична продуктивність агрегату, та витрати палива на заданий об'єм роботи

Література:

1. Л.В. Погорельий, В.Г. Бильский, Н.П. Кононенко Научные основы повышения производительности с./х. техники. – К.: Урожай, 1989. – 240с
2. Погорельий Л.В., Брей В.В. Применение методов системного анализа при испытаниях сельскохозяйственной техники. Обзорная информ. – М.: В/О «Сельхозтехника». ЦНИИТЭИ, 1976. – 37 с.
3. Финн Э.А. Оптимизация эксплуатационных систем с.х. техники: Автореф. дис... д-ра техн. наук: /ВАСХНИЛ. СО.СибИМЭ. Новосибирск, 1989. – 40 с.
4. Бондар С.М. Поєднання системного та ситуаційного підходів при обґрунтуванні комплексів машин для основного обробітку ґрунту. // Науковий вісник НАУ, 2004. Вип. 73 (част. 2). – С. 42-55.
5. Бондар С.М., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / За ред. І.І.Мельника. – Ніжин: АСПЕКТ – Поліграф – 2005 – 192 с.: іл.
6. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: Автореф. дис... д-ра техн. наук / Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П.Василенка. — Харків.: 2004. – 38 с.
7. Технологічна блочно-варіантна система машиновикористання в землеробстві України: монографія. Частина 1 / Ю. І. Ковтун [та ін.] – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 204 с.

8. Мельник В.І. Збірник методик з використання машин в землеробстві / В.І. Мельник, А.Г. Чигрин, О.І. Анікєєв, С.А. Чигрина / За редакцією В.І. Мельника, – Х.: ТОВ «Планета прінт» – 2020, 257с.

References:

1. Pohorelyi, L.V., Bylskyi, V.H. and Kononenko, N.P. (1989) *Naukovi osnovy pidvyshchennia produktyvnosti sils'kogospodars'koi tekhniki*. Kyiv: Urozhai. 240 p.
2. Pohorelyi, L. V. and Brei, V. V. (1976) *Vykorystannia metodiv systemnoho analizu pry doslidzhenniakh sils'kogospodars'koi tekhniki. Obzorna inform.* Moscow: Silkhoshtekhnika TsNYYTEY. 37 s.
3. Fynn, E. A. (1989) 'Optimizatsiia ekspluatiinykh system sils'kogospodars'koi tekhniki: Avtoref. dys... d-ra tekhn. nauk: VASKhNIL. SO.SybYME. Novosibirsk, p. 40.
4. Bondar, S.M. (2004) 'Poiednannia systemnoho ta sytuatsiinoho pidkhodiv pry obgruntuvanni kompleksiv mashyn dlia osnovnoho obrobittku gruntu', *Naukovyi visnyk NAU*, 73(2), pp. 42–55.
5. Bondar, S.M., Melnyk, I.I. and Hrechkosii, V.D. (2005) *Proektuvannia tekhnolohichnykh protsesiv u roslynnytstvi: navchalnyi posibnyk*. Edited by I. I. Melnyk. Nizhyn: ASPEKT – Polihraf. 192 p.
6. Pastukhov, V.I. (2004) 'Obgruntuvannia optimalnykh kompleksiv mashyn dlia mekhanizatsii polovykh robiv: Avtoref. dys... d-ra tekhn. nauk', in. Kharkiv: Khark. nats. tekhn. un-t sil. hosp-va im. P.Vasilenka, p. 38.
7. Kovtun, Y.I. et al. (2020) *Tekhnolohichna blochno-variantna systema mashynovykorystannia v zemlerobstvi Ukrainy: monohrafiia.Chastyna 1*. Kharkiv: TOV «Planeta-Print». 204 p.
8. Melnyk, V. I. et al. (2020) *Zbirnyk metodyk z vykorystannia mashyn v zemlerobstvi*. Edited by V. I. Melnyk. Kharkiv: TOV «Planeta print». 257 p.

Аннотация

Моделирование технологических процессов основной обработки почвы

А.И. Аникеев, Н.П. Артёмов, К.Г. Сыровицкий, С.А. Чигрина

В статье приведены результаты разработки алгоритмов технологического процесса основной обработки почвы с целью оптимизации. Авторами разработана методика моделирования технологических процессов основного обработки на примере технологического процесса внесения минеральных удобрений с одной частной заделкой их в почву. Для упрощения процедуры вычисления используется принцип статистического имитационного моделирования по факторам, которые влияют на изменения производительности агрегата, определения расхода топлива на единицу выполненной работы, и на выполнение заданного объема работ. Указанные факторы, влияющие на мощность. Обоснованное определение состава средств механизации звеньев, задействованных в заданном технологическом процессе. Работа выполняется с помощью компьютерной программы на базе MS Excel, которая дает возможность в режиме «экспресс» корректировать ход выполнения заданного технологического процесса. В программу было внесено большое количество марок тракторов и сельскохозяйственных

машин которыми можно выполнять этот процесс, из числа которых выбираем ту машину или трактор необходимые для выполнения работы, то есть составляем из них нужны агрегаты. В базу данных занесены не только их марки, а и их технические характеристики, с помощью которых будет решаться поставленная задача. В программе представлена информация по определению нужного количества минеральных удобрений по полям севооборотов. Основная задача этой методики обоснования количественного состава средств механизации звеньев, обеспечивающих выполнение процесса внесения минеральных удобрений с учетом форс-мажорных ситуаций в заданное время его выполнения.

Ключевые слова: моделирование, технологические процессы, основная обработка почвы, имитация, математическая модель, обоснование.

Abstract

Modeling of tillage technological processes

A.I. Anikeev, N.P. Artiomov, K.G. Sirovitskiy, S.A. Chygryna

The article presents the results of the development of algorithms for the technological process of basic soil cultivation for the purpose of optimization. The authors have developed a technique for modeling technological processes of the main processing on the example of the technological process of applying mineral fertilizers with their single embedding into the soil. To simplify the calculation procedure, the principle of statistical simulation is used by factors that contribute to changes in the performance of the unit, to determine the fuel consumption per unit of work performed, and to perform a given amount of work. The specified factors affecting the power. Substantiated determination of the composition of means of mechanization of the links involved in a given technological process. The work is carried out with the help of a computer program based on MS Excel, which makes it possible to correct the progress of a given technological process in the "express" mode. The program included a large number of brands of tractors and agricultural machines with which this process can be performed, from which we select the machine or tractor necessary to perform the work, that is, we compose units from them. The database contains not only their brands, but also their technical characteristics, with the help of which the task will be solved. The program provides information on determining the required amount of mineral fertilizers for crop rotation fields. The main task of this methodology is to substantiate the quantitative composition of the means of mechanization of links that ensure the implementation of the process of applying mineral fertilizers, taking into account force majeure situations at a given time of its implementation.

Keywords: modeling, technological processes, tillage, imitation, mathematical model, justification.

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Anikeev, A.I. et al. (2021) 'Modeling of tillage technological processes', *Engineering of nature management*, 1(19), pp. 90 - 96.

Подано до редакції / Received: 19.03.2021