

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.31

Т. Майнель, В.И. Беляев, Д.А. Яковлев
T. Meinel, V.I. Belyayev, D.A. Yakovlev

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОВ МАШИН ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ, ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ, СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА В КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

THE EFFECT OF NO-TILL SOWING COMPLEXES FOR SPRING WHEAT ON PLANT GROWTH, SOIL WATER REGIME, YIELD FORMULA AND GRAIN QUALITY IN THE KULUNDA STEPPE OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: *посевной агрегат, технология посева яровой пшеницы, ресурсосбережение, прямой посев, норма высева семян, развитие растений, водный режим почвы, структура урожая, качество зерна, Кулундинская степь.*

Посев является одной из главных технологических операций, оказывающих влияние на развитие растений и формирование урожая. В настоящее время применяются различные технологии посева яровой пшеницы с применением различных комплексов отечественных и зарубежных посевных машин. В связи с этим возникает необходимость выбора рациональных и наиболее адаптированных под конкретные условия земледелия машин и технологий. Это вызвано не только стремлением к повышению производительности и снижению расходов на ГСМ, но и значимостью влияния комплексов машин на физические свойства почвы, а впоследствии на урожайность культур и качество семенного материала. Представлена оценка влияния отдельных технологических факторов прямого посева яровой пшеницы на структуру урожая и качества зерна в условиях засушливой степи Алтайского края. Исследовано распределение расхода влаги из почвы на сравниваемых вариантах посевов по периодам наблюдений. Установлена корреляционная связь средней высоты растений по вегетации и запасов влаги в метровом слое почвы на различных вариантах посева. Дана сравнительная оценка эффективности

применения различных вариантов посевных машин и технологий посева.

Keywords: *sowing unit, spring wheat sowing technology, resource saving, direct sowing, sowing rate, plant development, soil water regime, yield formula, grain quality, Kulunda steppe.*

Sowing is one of the main technological operations that affect plant development and yield formation. Currently, various technologies are used for spring wheat sowing that use various systems of domestic and foreign sowing equipment. In this regard, there is a need to choose the most rational and most adapted machines and technologies to the specific crop farming conditions. This is caused not only by the need to increase efficiency and reduce fuel costs, but also by the influence of sowing complexes on soil physical properties and resulting crop yield and seed quality. This paper deals with the evaluation of the influence of individual technological factors of direct sowing of spring wheat on the yield formula and grain quality under the conditions of the arid steppe of the Altai Region. Soil moisture consumption in the compared variants of crops by the observation periods was studied. A correlation of the average height of plants during the growing season and the moisture storage in one-meter soil layer in various sowing variants was revealed. Comparative evaluation of the effectiveness of the use of various variants of sowing units and sowing technologies was made.

Майнель Тобиас, доктор, профессор, директор, ТОО «Амаzone Kasachstan», г. Астана, Республика Казахстан. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., проф., зав. каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Яковлев Даниил Александрович, аспирант, каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: dyagro@ya.ru.

Meinel, Tobias, Dr., Director, Amazone Kasachstan, Astana, Republic of Kazakhstan. . E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Belyayev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. E-mail: prof-belyaev@ yandex.ru.

Yakovlev Daniil Aleksandrovich, post-graduate student, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. E-mail: dyagro@ya.ru.

Введение

Посев является одной из наиболее значимых технологических операций, определяющих качество заделки семян, дальнейшее развитие растений, динамику водного режима почвы и формирование урожая возделываемых культур [1-3].

В современных агротехнологиях все большую актуальность имеет прямой посев в необработанную стерню с использованием высеваших рабочих органов различного типа: стрельчатая лапа, долото или диск. Применяются также варианты различной предпосевной обработки почвы. Выбор рабочих органов в значительной мере обуславливается почвенно-климатическими условиями хозяйств, возделываемыми культурами и их чередованием, а также экономическими возможностями инвестиций в удобрения, средства защиты растений и другие элементы технологического процесса [4, 5].

Поэтому проблема обоснования рациональной технологии посева с точки зрения повышения качества выполнения технологического процесса,

более эффективного использования почвенной влаги, повышения урожайности культур и улучшения качества зерна является актуальной, особенно для степной зоны края [3, 6, 7].

Объекты и методы

Для оценки влияния отдельных технологических факторов (прямой посев в стрельчатую лапу (СЗС-2,1) посев в копирующее долото (Condor 12000 с предпосевной обработкой почвы с дисковой бороной Catros и без, норма высева семян) на выходные показатели проводилась закладка полевого опыта в КФХ Дорожинского А.В. Родинского района Алтайского края. Сравнимые варианты технологий посева приведены в таблице 1 [8].

Цель – разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих комплексов машин для возделывания яровой пшеницы для условий засушливой степи Алтайского края.

Таблица 1

Сравнимые варианты технологий посева яровой пшеницы

Вариант технологий	Состав МТА и норма высева		
	предпосевная обработка	посев	норма высева, кг/га
1	-	K-701+5СЗС-2,1	150
2	K-701+Catros 6000	New Holland 8040+ Condor 12000	150
3	K-701+Catros 6000	New Holland 8040+ Condor 12000	125
4	K-701+Catros 6000	New Holland 8040+ Condor 12000	100
5	-	New Holland 8040+ Condor 12000	150
6	-	New Holland 8040+ Condor 12000	125
7	-	New Holland 8040+ Condor 12000	100

Задачи:

1) исследовать влияние комплексов машин для прямого посева на развитие растений пшеницы, водный режим почвы, структуру урожая и качество зерна;

2) дать сравнительную оценку эффективности применения различных вариантов машин и технологий.

Условия закладки опыта, измеряемые показатели, показатели качества посева приведены в работе [8].

Результаты и обсуждение

Средние значения распределения влажности по слоям почвы до 1 м за вегетацию на сравниваемых вариантах технологий возделывания пшеницы приведены в таблице 2, а соответствующая

динамика запасов влаги за вегетацию в метровом слое – в таблице 3.

Анализируя средние запасы влаги в метровом слое почвы (W_{0-100}) по состоянию на 2 июня, приходим к выводу, что они имеют значимую связь со средней глубиной заделки семян (h_c) в виде уравнения (кроме варианта 1):

$$W_{0-100} = 255,7 - 1,9h_c, R=0,89, \quad (1)$$

т.е. увеличение средней глубины заделки семян на каждые 10 мм приводило к снижению запасов влаги в метровом слое на 19 мм.

В таблице 4 приведены средние значения расход влаги из метрового слоя почвы (мм) и осадков (мм) за периоды наблюдений по сравниваемым вариантам технологий.

Таблица 2
Средние значения влажности по слоям почвы за вегетацию по вариантам технологий

Вариант технологии	Слой почвы, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1	13,0	15,2	15,6	15,5	15,8	15,3	14,7	14,9	14,5	13,4
2	13,0	15,1	14,9	14,9	14,9	14,7	14,0	13,8	13,5	12,2
3	13,0	15,3	15,0	15,3	15,4	15,0	14,3	14,0	13,7	13,1
4	12,9	15,4	15,4	15,6	15,8	15,0	14,4	14,2	14,1	12,8
5	13,0	14,2	14,4	14,7	15,2	15,0	14,4	14,3	14,0	13,3
6	13,0	14,7	14,7	15,0	15,0	14,4	13,4	13,2	13,4	13,0
7	12,8	14,7	14,6	15,1	15,3	14,8	14,2	14,2	14,0	13,2
М	13,0	14,9	14,9	15,2	15,3	14,9	14,2	14,1	13,9	13,0
НСР _{0,05}	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2

Таблица 3
Общие запасы влаги в метровом слое почвы (мм) по датам наблюдений и сравниваемым вариантам технологий посева

Период наблюдений	Варианты технологий						
	1	2	3	4	5	6	7
26.04	233,2	233,2	233,2	233,2	233,2	233,2	233,2
02.06	178,5	170,2	166,7	172,0	180,5	173,9	176,3
12.06	169,1	158,6	162,8	168,5	158,8	149,8	145,7
23.06	147,6	143,4	163,1	153,9	144,6	139,2	148,3
02.07	121,7	116,1	116,4	125,1	115,0	114,7	132,0
12.07	123,8	107,6	112,9	117,0	116,4	111,5	116,3
22.07	133,1	124,8	126,6	127,0	124,5	125,8	127,6
02.08	91,4	88,2	81,9	84,9	82,9	85,0	86,5
12.08	128,5	124,0	128,8	125,9	124,1	122,6	116,8
В среднем	147,4	140,7	143,6	145,3	142,2	139,5	142,5
НСР _{0,05}	13,8	14,3	14,6	14,2	14,7	14,4	14,1

Таблица 4

Средний расход влаги из метрового слоя почвы (мм) и осадков (мм) за периоды наблюдений по сравниваемым вариантам посевов

Период наблюдений	Варианты технологий							Средний расход влаги из слоя 0-100 см, мм	Осадки, мм	Общий расход влаги, мм
	1	2	3	4	5	6	7			
26.04-02.06	54,7	63	66,5	61,2	52,7	59,3	56,9	59,2	0	59,2
02.06-12.06	9,4	11,6	3,9	3,5	21,7	24,1	30,6	15,0	17	32,0
12.06-23.06	21,5	15,2	-0,3	14,6	14,2	10,6	-2,6	10,5	0	10,5
23.06-02.07	25,9	27,3	46,7	28,8	29,6	24,5	16,3	28,4	7	35,4
02.07-12.07	-2,1	8,5	3,5	8,1	-1,4	3,2	15,7	5,1	6	11,1
12.07-22.07	-9,3	-17,2	-13,7	-10,0	-8,1	-14,3	-11,3	-12,0	7	-5,0
22.07-02.08	41,7	36,6	44,7	42,1	41,6	40,8	41,1	41,2	0	41,2
02.08-11.08	-37,1	-35,8	-46,9	-41	-41,2	-37,6	-30,3	-38,6	17	-21,6
В среднем	104,7	109,2	104,4	107,3	109,1	110,6	116,4	108,8	54	162,8

Проведенный анализ табличных данных дает основания считать, что величина расхода влаги из почвы за наблюдаемый период (26 апреля – 11 августа) по сравниваемым вариантам технологий находилась в пределах 104,4 мм (вариант 3) – 116,4 мм (вариант 7) при среднем значении 108,8 мм. В среднем по трем вариантам посевов Condor с предпосевной обработкой Catros (варианты 2-4) эта величина составила 107,0 мм, по трем вариантам посевов Condor без предпосевной обработки (варианты 5-7) – 112,0 мм, а по посевам СЗС-2,1 (вариант 1) – 104,7 мм.

По периодам наблюдений также имелись значимые различия в расходе влаги из почвы: от 38,6 мм (2 августа – 11 августа) до 59,2 мм (26 апреля – 2 июня), а максимум среднего суточ-

ного расхода составил 4,1 мм (22 июля – 2 августа).

Следует отметить и тот факт, что по вариантам посевов 2-4 максимальный расход влаги из почвы наблюдался за период 26 апреля – 2 июня (63,6 мм), против 56,3 мм по вариантам 5-7 и 54,7 мм по варианту 1. За период 2 июня – 12 июня – наибольший расход влаги по вариантам 5-7 (23,5 мм), против 6,3 мм по вариантам 2-4 и 9,4 мм по варианту 1.

В условиях очень низкого выпадения осадков за вегетации (54 мм) средний расход влаги (из почвы+осадки) составил 162,8 мм.

В таблице 5 приведены значения средней высоты растений пшеницы на сравниваемых вариантах технологий посева за вегетацию.

Таблица 5

Динамика изменения средней высоты растений пшеницы (мм) по вариантам технологий

Предпос. обработка, посев, норма высева	Дата замеров							
	02.06	12.06	23.06	02.07	12.07	22.07	02.08	12.08
1. Без, СЗС-2,1; 150 кг/га	156	241	257	427	553	569	592	585
2. Catros, Condor, 150 кг/га	160	240	267	453	603	554	640	595
3. Catros, Condor, 125 кг/га	165	268	272	445	580	606	646	595
4. Catros, Condor, 100 кг/га	128	235	265	439	545	579	668	600
5. Без, Condor, 150 кг/га	134	215	257	445	562	535	626	530
6. Без, Condor, 125 кг/га	146	225	280	444	532	553	580	540
7. Без, Condor, 100 кг/га	149	225	269	464	610	630	672	610
В среднем	148	236	267	445	569	575	632	579
НСР _{0,05}	13,5	17,1	8,2	11,4	29,5	33,1	35,3	31,3

Из анализа данных следует, что средняя высота растений (Нр) по датам замеров значимо различалась на отдельных вариантах технологий и увеличивалась прямо пропорционально снижению запасов влаги в метровом слое почвы (W_{0-100}). Полученные уравнения связи для исследуемых вариантов технологий посева имеют вид:

$$\text{Вариант 1: } W_{0-100} = 193,3 - 0,13H_p, R=0,86; \quad (2)$$

$$\text{Вариант 2: } W_{0-100} = 186,6 - 0,13H_p, R=0,92; \quad (3)$$

$$\text{Вариант 3: } W_{0-100} = 195,0 - 0,14H_p, R=0,88; \quad (4)$$

$$\text{Вариант 4: } W_{0-100} = 192,9 - 0,14H_p, R=0,93; \quad (5)$$

$$\text{Вариант 5: } W_{0-100} = 193,1 - 0,15H_p, R=0,93; \quad (6)$$

$$\text{Вариант 6: } W_{0-100} = 185,5 - 0,14H_p, R=0,89; \quad (7)$$

$$\text{Вариант 7: } W_{0-100} = 178,6 - 0,11H_p, R=0,87. \quad (8)$$

При этом обобщенное уравнение связи для вариантов 2-4 (предпосевная обработка Catros, посев Condor) имеет вид:

$$W_{0-100} = 191,5 - 0,136H_p, R=0,90, \quad (9)$$

а для вариантов 5-7 (посев Condor):

$$W_{0-100} = 184,6 - 0,131H_p, R=0,89, \quad (10)$$

т.е. интенсивность снижения запасов влаги с ростом высоты растений пшеницы была близкой по вариантам 1-6 (13-15 мм на каждые 100 мм увеличения высоты растений), а по варианту 7 (посев Condor, норма высева 100 кг/га) – ниже (11 мм на каждые 100 мм увеличения высоты растений). На

начальном этапе развития растений (до 12 июня) посеvy Condor (варианты 4-7) уступали в росте остальным вариантам, но к 26 июня посеvy выровнялись.

Структура урожая пшеницы и качество зерна. Статистики структуры урожая пшеницы по сравниваемым вариантам технологий посева приведены в таблице 6.

Как показывает анализ табличных данных, на посевах с одинаковой нормой высева по вариантам 1, 2 и 5 (150 кг/га) средняя биологическая урожайность пшеницы составила 8,0; 9,7 и 9,0 ц/га соответственно. Преимущество посевов Condor достигнуто за счет большего количества продуктивных стеблей.

При сравнении средних показателей по вариантам 2-4, 5-7 и 1 установлено, что даже при снижении средней нормы высева на 25 кг/га посеvy Condor (варианты 5-7) и предпосевная обработка Catros с посевом Condor (варианты 2-4) имеют значимое преимущество в урожае в сравнении с вариантом 1 (посев СЗС-2,1): 9,9; 10,1 и 8,0 ц/га. Различия в 1,9 и 2,1 ц/га являются достоверными.

Показатели качества зерна пшеницы по сравниваемым вариантам технологий возделывания пшеницы приведены в таблице 7.

Таблица 6

Структура урожая пшеницы по вариантам технологий посева

Предпос. обработка, посев, норма высева	Бс, ц/га	Кст, шт/м ²	Кк, шт/м ²	Мк, ц/га	Уб, ц/га	M ₁₀₀₀ , г	1 растение			
							Нр, см	M1к, г	Mз/к, г	Kз/к, шт.
1. Без, СЗС-2,1; 150 кг/га	30,0	197,5	137,0	11,4	8,0	29,5	58,5	0,91	0,60	19,9
2. Catros, Condor, 150 кг/га	40,6	297,0	126,5	14,8	9,7	27,4	59,5	0,79	0,54	16,5
3. Catros, Condor, 125 кг/га	45,2	330,0	240,0	17,2	10,1	29,5	59,5	0,77	0,56	15,9
4. Catros, Condor, 100 кг/га	42,9	270,0	206,5	16,0	10,5	29,6	60,0	0,93	0,60	18,9
5. Без, Condor, 150 кг/га	34,0	307,5	272,5	12,7	9,0	27,9	53,0	0,93	0,65	20,1
6. Без, Condor, 125 кг/га	31,8	239,0	112,5	12,1	8,5	29,4	54,0	0,79	0,52	15,7
7. Без, Condor, 100 кг/га	44,8	272,0	187,5	17,7	12,3	29,5	61,0	1,23	0,81	23,3
Статистики показателей										
M	38,5	273,3	183,2	14,6	9,7	29,0	57,9	0,91	0,61	18,6
НСР _{0,05}	2,4	16,8	22,9	1,0	0,5	0,3	1,2	0,06	0,04	1,0

Примечание. Бс – общая биомасса растений, ц/га; Кст – количество продуктивных стеблей, шт/м²; Кк – количество растений, сохранившихся к уборке, шт/м²; Мк – масса колосьев с зерном, ц/га; Уб – биологическая урожайность пшеницы, ц/га; M₁₀₀₀ – масса 1000 зерен, г; Нр – высота растения, см; M1к – масса 1 колоса, г; Mз/к – масса зерна в колосе, г; Kз/к – количество зерен в колосе, шт.

Показатели качества зерна по сравниваемым вариантам технологий

Предпос. обработка, посев, норма высева	Натура, г/л	Показатель			
		протеин, %	влажность, %	клейковина, %	ИДК
1. Без, СЗС-2,1; 150 кг/га	833,5	14,0	13,6	28,5	74,0
2. Catros, Condor, 150 кг/га	829,4	14,0	13,5	29,3	74,3
3. Catros, Condor, 125 кг/га	838,7	14,2	13,4	28,9	74,5
4. Catros, Condor, 100 кг/га	836,1	14,7	13,7	30,7	70,8
5. Без, Condor, 150 кг/га	833,2	14,4	13,2	31,5	74,6
6. Без, Condor, 125 кг/га	831,9	14,9	13,7	30,9	73,6
7. Без, Condor, 100 кг/га	833,7	15,7	13,7	33,8	67,7
Статистики показателей					
М	833,8	14,6	13,5	30,5	72,8
НСР _{0,05}	1,1	0,2	0,1	0,7	1,0

По вариантам 1, 2 и 5 с одинаковой нормой высева (150 кг/га) натура зерна, влажность и величина ИДК различались не существенно. Однако по содержанию клейковины получено преимущество посевов на 5-м варианте – Condor (31,5%) и варианте 2 – Condor с предпосевной обработкой Catros (29,3%) в сравнении с посевами по варианту 1 – СЗС-2,1 (28,5%).

В среднем по вариантам 5-7 с посевами Condor также получено преимущество по содержанию клейковины в сравнении с вариантами 2-4 (посев Condor с предпосевной обработкой Catros) и 1 (посев СЗС-2,1) – 32,1; 29,6 и 28,5% соответственно, а также по содержанию протеина – 15,0; 14,3 и 14,0% соответственно.

Выводы

1. В среднем по трем вариантам посевов Condor без предпосевной обработки (варианты 5-7) расход влаги из метрового слоя почвы был наибольшим (112,0 мм), а минимальная величина наблюдалась на посевах СЗС-2,1 (104,8 мм). Посевы Condor с предпосевной обработкой Catros (варианты 2-4) занимали промежуточное положение (107,0 мм).

2. По периодам наблюдений также имелись значимые различия в расходе влаги из почвы: от - 38,6 мм (2 августа – 11 августа) до 59,2 мм (26 апреля – 2 июня), а максимум среднего суточ-

ного расхода составил 4,1 мм (22 июля – 2 августа).

3. На вариантах посевов 2-4 максимальный расход влаги из почвы наблюдался за период 26 апреля – 2 июня (63,6 мм), против 56,3 мм по вариантам 5-7 и 54,7 мм по варианту 1. По вариантам 5-7 расход влаги был выше за период 2 июня – 12 июня (23,5 мм), против 6,3 мм по вариантам 2-4 и 9,4 мм по варианту 1. Наблюдалось перераспределение расхода влаги из почвы на сравниваемых вариантах посевов по периодам наблюдений.

4. Установлена значимая корреляционная связь средней высоты растений по вегетации и запасов влаги в метровом слое почвы на вариантах посевов. Интенсивность снижения запасов влаги с ростом высоты растений пшеницы по вариантам 1-6 равна 13-15 мм на каждые 100 мм увеличения высоты растений, а по варианту 7 (посев Condor, норма высева 100 кг/га) – ниже (11 мм на каждые 100 мм увеличения высоты растений).

5. На посевах с одинаковой нормой высева по вариантам 1, 2 и 5 (150 кг/га) средняя биологическая урожайность пшеницы составила 8,0; 9,7 и 9,0 ц/га соответственно. Преимущество посевов Condor (как по предпосевной обработке Catros, так и без нее) достигнуто за счет большего количества продуктивных стеблей.

6. По вариантам 1, 2 и 5 с одинаковой нормой высева (150 кг/га) натура зерна, влажность и величина ИДК различались не существенно. В среднем по вариантам 5-7 с посевами Condor получено преимущество по содержанию клейковины и протеина в сравнении с вариантами 2-4 (посев Condor с предпосевной обработкой Catros) и 1 (посев СЗС-2,1) на 2,5 и 3,6%, 0,7 и 1,0% соответственно.

Библиографический список

1. Беляев В.И. Опыт испытания технологий «No-Till» при возделывании яровой пшеницы в засушливой степи Алтайского края // Диверсификация растениеводства и No-Till как основа сберегающего земледелия и продовольственной безопасности: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Астана; Шортанды, 2011. – С. 149-154.

2. Беляев В.И. Результаты агротехнической оценки современных комплексов почвообрабатывающих посевных машин в Алтайском крае // Аграрный сектор. – 2012. – № 1 (11). – С. 26-27.

3. Беляев В.И. Рациональные параметры технологии «No-Till» и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае // Вестник алтайской науки. – 2015. – № 1 (23). – С. 7-12.

4. Беляев В.И., Вольнов В.В., Рудев Н.В., Соколова Л.В. Оценка эффективности различных типов высевающих сошников при прямом посеве яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8 (142). – С. 143-148.

5. Беляев В.И., Соколова Л.В., Бокарев А.И. Обоснование рациональной технологии посева яровой пшеницы с применением посевных комплексов ЭППК-2,5 в степной зоне Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (143). – С. 173-179.

6. Беляев В.И., Майнель Т., Грунвальд Л., Шмидт Г., Бондарович А.А., Щербинин В.В., Понькина Е.В., Мацюра А.В., Штефан Э., Иллигер П., Кожанов Н.А., Рудев Н.В. Водный режим почвы и урожайность сельскохозяйственных культур при различных технологиях возделывания в Кулун-

динской степи Алтайского края // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2016. – Т. 24. – № 2. – С. 531-539.

7. Беляев В.И., Соколова Л.В. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 5-11.

8. Беляев В.И., Майнель Т., Яковлев Д.А., Показатели качества посева яровой пшеницы при различных технологиях возделывания в Кулундинской степи Алтайского края // Матер. регион. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. – Новосибирск, 2018. – С. 151-159.

References

1. Belyaev V.I. Opyt ispytaniya tekhnologiy «No-Till» pri vozdelevanii yarovoy pshenitsy v zasushliyoy stepi Altayskogo kraya // Mat. mezhd. nauch.-prakt. konf. Diversifikatsiya rastenievodstva i No-Till kak osnova sberegayushchego zemledeliya i prodovolstvennoy bezopasnosti. – Astana-Shortandy, 2011. – S. 149-154.

2. Belyaev V.I. Rezultaty agrotekhnicheskoy otsenki sovremennykh kompleksov pochvoobrabatyvayushchikh posevnykh mashin v Altayskom krae // Agrarnyy sektor. – 2012. – No.1 (11). – S. 26-27.

3. Belyaev V.I. Ratsionalnye parametry tekhnologii «No-Till» i pryamogo poseva pri vozdelevanii selskokhozyaystvennykh kultur v Altayskom krae // Vestnik Altayskoy nauki. – 2015. – No. 1 (23). – S. 7-12.

4. Belyaev V.I., Volnov V.V., Rudev N.V., Sokolova L.V. Otsenka effektivnosti razlichnykh tipov vysevayushchikh soshnikov pri pryamom poseve yarovoy pshenitsy // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 8 (142). – S. 143-148.

5. Belyaev V.I., Sokolova L.V., Bokarev A.I. Obosnovanie ratsionalnoy tekhnologii poseva yarovoy pshenitsy s primeneniem posevnykh kompleksov EPPK-2,5 v stepnoy zone Altayskogo kraya

// Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 9 (143). – S. 173-179.

6. Belyaev V.I., Maynel T., Grunvald L., Shmidt G., Bondarovich A.A., Shcherbinin V.V., Ponkina Ye.V., Matsyura A.V., Shtefan E., Illiger P., Kozhanov N.A., Rudev N.V. Vodnyy rezhim pochvy i urozhaynost selskokhozyaystvennykh kultur pri razlichnykh tekhnologiyakh vozdeyvaniya v Kurlundinskoj stepi Altayskogo kraja // Visnik Dnipropetrovskogo universitetu. Biologiya. Yekologiya. – 2016. – T. 24. – No. 2. – S. 531-539.

7. Belyaev V.I., Sokolova L.V. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altayskom krae // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 5-11.

8. Belyaev V.I., Maynel T., Yakovlev D.A. Pokazateli kachestva poseva yarovoy pshenitsy pri razlichnykh tekhnologiyakh vozdeyvaniya v Kurlundinskoj stepi Altayskogo kraja // Materialy regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, posvyashchennoy pamyati dotsenta M.A. Anfinogenova. – Novosibirsk, 2018. – S. 151-159.



УДК 631.6.085.3

И.Я. Федоренко
I.Ya. Fedorenko

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В КАМЕРЕ ВИБРАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ

THE PATTERNS OF BULK MATERIAL MOVEMENT IN THE CHAMBER OF A VIBRATION MIXER

Ключевые слова: смеситель вибрационный, сыпучие корма, вибровозбудители, уравнение Навье-Стокса, кривая вибросмешивания.

В Алтайском ГАУ были разработаны смесители, в которых роль турбулизирующего фактора играют специально организованные встречные потоки смешиваемого материала. В последнее время появились идеи по оснащению смесителей облегченными вибровозбудителями, а также предложения по надделению смесителей дополнительной функцией дозатора непрерывного действия. В этом случае динамический режим работы можно существенно облегчить. Эти предложения позволяют надеяться, что модернизированный вибросмеситель найдет свое место в практике кормоприготовления. В связи со сказанным большой интерес представляют аналитические закономерности перемещения материала в камере смешивания, позволяющие внести изменения в конструкцию вибросмесителя. Сыпучую среду, находящуюся в камере смешивания вибросмесителя, моделировали в виде вязкой жидкости. Движение среды в целом является ламинарным, за исключением небольших участков турбулентности на границе столкновения встречных потоков. Согласно гидродинамической аналогии в этом случае целесообразно использовать уравнения движения Навье-Стокса. Поставленная задача была сведена к гидродинамической задаче об увлечении жидкости вращающимися предметами, в частности диском (задача Кармана). Априорная информация, содержащаяся в решении Кармана,

позволила предложить аппроксимирующие тригонометрические функции. Исследование позволяет заключить, что сыпучая среда в процессе вибросмешивания совершает сложное пространственное перемещение. Интенсивность возникающих циркуляций определяется параметрами вибрации и реологическими свойствами среды. Система вибровозбуждения обеспечивает наличие радиальной, тангенциальной и аксиальной составляющих движения. Полученные данные позволяют, в частности, оптимально расположить зоны ввода исходных компонентов и выгрузки готовой кормосмеси.

Keywords: vibration mixer, pour feeds, vibration exciter, Navier-Stokes equation, vibration mixing curve.

At the Altai State Agriculture University were developed mixers in which specially organized counter flows of the mixed material play the role of a turbulizing factor. Recently, ideas have emerged for equipping mixers with lightweight vibration exciters, as well as proposals for endowing mixers with the additional function of a continuous dispenser. In this case, the dynamic mode of operation can be greatly facilitated. These proposals allow us to hope that the upgraded vibromixer will find its place in the practice of feed preparation. In connection with the aforementioned, of great interest are the analytical laws of material movement in the mixing chamber allowing to make changes to the design of a vibrating mixer. The flowing environment in the mixing chamber of the vibrating mixer was modeled as a viscous liquid. The