

УДК 631.51: 631.334

С. Л. Демшин, М. В. Симонов

## КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА

Одним из направлений модернизации сельскохозяйственной техники для растениеводства является совмещение операций на базе многофункциональных агрегатов, в том числе способных адаптироваться к изменяющимся условиям производства путем быстрой смены рабочих органов. Для выполнения всего комплекса агротехнологических операций обработки почвы и посева в природно-климатических условиях Северо-Восточного региона европейской части России разработан комплекс машин к тракторам класса 14 кН. Проведённые ведомственные и приёмочные испытания подтвердили, что разработанная техника выполняет операции обработки почвы и посева с соблюдением агротехнических требований. Результаты оценки эффективности применения разработанных машин для ресурсосберегающих технологий обработки почвы и посева показали, что их использование позволяет увеличить продуктивность возделываемых культур при снижении энергетических, ресурсных и трудовых затрат.

*Ключевые слова:* орудие для основной обработки почвы со сменными рабочими органами, агрегат почвообрабатывающий, агрегат почвообрабатывающе – посевной, дернинные сеялки, показатели качества обработки почвы и посева, энергетическая эффективность.

В настоящее время в растениеводстве более 70% сельхозпроизводителей производят продукцию по экстенсивным технологиям, практически не используя достижения передового отечественного и зарубежного опыта, не применяя в должной мере средства интенсификации: минеральные удобрения, средства химической защиты и т. д., используя одно- или двухоперационные машины с невысокими технологическими параметрами.

На современном этапе развития сельского хозяйства условно подразделяют два типа базовых технологий: экстенсивные и интенсивные. К первым, в растениеводстве, относят технологии, при реализации которых производитель

может оказывать влияние на величину и качество продукции, в основном, лишь при выполнении двух биолого-производственных циклов: обработки почвы с посевом и уборки урожая, т. е. урожайность определяется сочетанием складывающихся погодных условий, плодородием почв и эффективностью севооборотов. Интенсивными считаются технологии, при осуществлении которых имеется возможность активного управления продукционными процессами, регулировать уровень плодородия пашни и воздействовать непосредственно на растения в различные фазы их вегетации.

Согласно принятой стратегии развития сельского хозяйства РФ до 2020 года предусмотрен переход на интенсивные агротехнологии. В агроландшафтных условиях Евро-Северо-Востока России, как зоны, в которой величина управляемой продуктивности ограничена дефицитом тепла и переувлажнением, экономически наиболее эффективны нормальные технологии возделывания, характеризующихся производством продукции в режиме ограничения ввода средств интенсификации: удобрений, средств защиты, мелиорантов и т. д. При этом эти технологии в полеводстве базируются, в основном, на отвальных почвообработках в сочетании с минимальными безотвальными. Обязательным условием модернизированных технологий остается реализация совмещения операций на базе многофункциональных машинных агрегатов, способных адаптироваться к изменяющимся условиям производства сельскохозяйственной продукции путем быстрой смены рабочих органов. Такой подход позволит сократить количество машин для производства зерна до 5–6 наименований, т. е. для полного цикла выращивания и уборки зерна будут нужны лишь базовый универсальный трактор, зерноуборочный комбайн, универсальное адаптируемое почвообрабатывающее орудие, адаптирующийся посевной почвообрабатывающий агрегат и опрыскиватель [3].

В НИИСХ Северо-Востока более 20 лет ведутся по разработке и совершенствованию ресурсосберегающих технологий обработки почвы и посева и технических средств для их осуществления. Ниже приведены результаты оценки эффективности их применения.

## Орудия для основной обработки почвы со сменными рабочими органами.

Для агроландшафтных условий региона целесообразно применение отвально-безотвальной системы основной обработки почвы, при которой в зависимости от севооборота через один-три года безотвальной обработки проводится вспашка [2]. Применение для безотвальной обработки плугов с рабочими органами на базе плужного корпуса мало отличается от вспашки по энергоёмкости, приводит к заделке значительной части стерни и выносу нижних слоёв почвы. Работа плоскорезов не обеспечивает требуемого крошения и плотности почвы, а сопутствующий рост количества сорняков требует применения гербицидов или дополнительных обработок, что нивелирует преимущество безотвальной обработки в энергосбережении.

Предложена схема орудия для основной обработки почвы со сменными рабочими органами на базе плуга, которыми служат плужные корпуса или плоскорезные лапы с шириной захвата равной двойной ширине корпуса. Для поверхностной обработки использованы дисковые секции, жёстко установленные на раме с регулировкой глубины обработки и угла атаки (рис. 1а).



а



б

Рис. 1. Плуги-плоскорезы ППН-3-35/2-70 (а) и ППН-4-35/3-70 (б)  
со сменными рабочими органами для безотвальной обработки почвы

Приёмочные испытания плуга-плоскореза ППН-3-35/2-70 показали, что орудие при работе как с плужными корпусами при скорости 5,4 км/ч и глубине обработки 19,7 см, так и с плоскорезными лапами (7,2 км/ч и 17,3 см соответственно) устойчиво выдерживает рабочую ширину захвата и установочную глубину обработки. При вспашке производительность равна 0,56 га/ч при расходе топлива 20,2 кг/га, при безотвальной обработке почвы – 1,00 га/ч и 11,2 кг/га. Орудие надёжно выполняет оба вида обработки почвы с коэффициентом надёжности технологического процесса – 0,99 при коэффициенте готовности – 1,0.

Как развитие типоразмерного ряда на базе плуга ПЛН-4-35 разработано орудие для тракторов тягового класса 3,0 – плуг-плоскорез ППН-4(5)-35/3-70 (рис. 1, б). Проведены его испытания по занятому пару и стерне зерновых, которые показали, что при вспашке и безотвальной обработке орудие устойчиво выдерживает рабочую ширину захвата и установочную глубину обработки со степенью крошения при вспашке – 65 и 39% соответственно, при безотвальной – 72 и 53%. Производительность орудия при безотвальной обработке среднесуглинистой почвы твердостью в слое до 0,2 м 2,16 МПа и влажностью 14,9% составляет 1,55 га/ч при расходе топлива 17,2 кг/га, при вспашке – 0,92 га/ч при расходе топлива 29,6 кг/га.

Для оценки эффективности использования плуга-плоскореза ППН-3-35/2-70 заложен полевой опыт по определению способа зяблевой обработки клеверного пласта, обеспечивающего наиболее благоприятные условия для развития яровой пшеницы при минимуме энергозатрат. В нём вспашка на глубину 20–22 см (контроль) сравнивалась со вспашкой на 14–16 см, плоскорезной обработкой на 14–16 см плоскорезом КПП-250 и безотвальной обработкой на 16–18 см с дискованием. Все виды вспашки и безотвальную обработку с дискованием проводили плугом-плоскорезом ППН-3-35/2-70, предпосевную обработку – бородами БЗТС-1,0, культиватором КПС-4 и катками ЗККШ-6, посев – сеялкой СЗУ-3,6 (табл. 1).

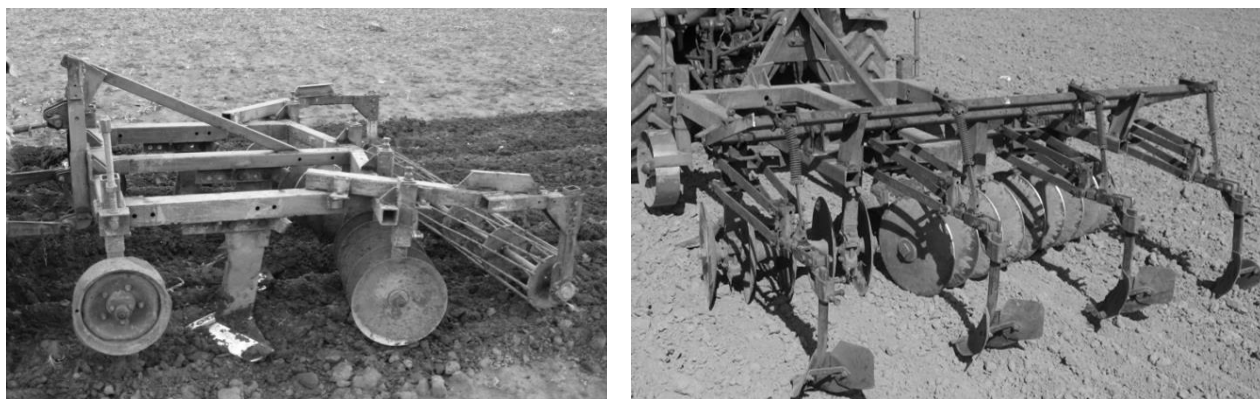
Таблица 1

**Энергетическая эффективность основной обработки пласта клевера**

Способ основной обработки зяби	Расход топлива кг/га	Заграты энергии, МДж/га	Урожайность, т/га		Получено энергии, ГДж/га		Заграты энергии, ГДж/га	КЭЭ	
			2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.		2006 г.	2007 г.
			Вспашка на 20...22 см	16,4	1476	3,51		2,84	63,32
Вспашка на 14...16 см	13,5	1414	3,65	2,75	65,85	49,80	23,0	2,86	2,17
Плоскорезная обработка КПП-250А	11,7	1106	3,59	2,54	64,76	46,00	21,9	2,96	2,10
Безотвальная обработка ППН 3-35/2-70	12,7	1301	3,71	2,80	66,93	50,70	21,5	3,11	2,36

Мелкая вспашка и безотвальные обработки не оказали негативного влияния на почвенные условия и обеспечили урожайность на уровне контроля. За счет экономии топлива лучший коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) равный 3,11 (2006 г.) и 2,36 (2007 г.) получен при безотвальной обработке клеверного пласта с дискованием.

**Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат.** Технология, при которой дисковая секция рыхлит пласт почвы, сходящий с плоскорезной лапы, обеспечивает высокое качество безотвальной обработки, что послужило предпосылкой для разработки почвообрабатывающего агрегата КПА-2,2 [1] к тракторам тягового класса 1,4, который предназначен для основной обработки на глубину 0,16–0,20 м с образованием мульчи. При плоскорезной обработке на 0,08-0,16 м агрегат оснащается катком для выравнивания и прикатывания. При обработке почвы под посадку картофеля на него устанавливаются гребнеобразующие корпуса.



а

б

Рис. 2. Агрегат КПА-2,2 с катком (а) и с гребнеобразующими корпусами (б)

Для изучения влияния способов основной обработки почвы на агрофизические показатели почвенного плодородия и урожайность возделываемых культур был заложен полевой опыт, в ходе которого использование агрегата КПА-2,2 сравнивалось со вспашкой на 18-20 см. Осенью высеяна озимая рожь, весной – викоовсяная смесь, доза удобрений –  $N_{45}P_{45}K_{45}$ .

Запасы продуктивной влаги в слое почвы до 10 см при плоскорезной обработке составили 13,7 мм, что на 1,5 мм выше, чем при вспашке. Варианты основной обработки не повлияли на плотность почвы. Урожайность озимой ржи в среднем по вспашке равнялась 2,34 т/га, по плоскорезной обработке – 2,52 т/га (табл. 2). Средняя урожайность викоовсяной смеси составила по вспашке 4,77 т/га сухого вещества (СВ), по безотвальной обработке – 5,03 т/га СВ. Затраты энергии на вспашку составили 1023 МДж/га, её замена плоскорезной обработкой экономит до 334 МДж/га (32,6%) энергозатрат на основную обработку почвы. При возделывании озимой ржи с плоскорезной обработкой КЭЭ составил 2,14, что на 12,6% выше, чем по вспашке; для викоовсяной смеси эти показатели примерно равны.

Таблица 2

### Энергетическая эффективность возделывания культур

Основная обработка	Предпосевная	Урожайность, т/га	Получено энергии, ГДж/га	Полные затраты, ГДж/га	К.Э.Э.

	обработка	Озимая рожь		Вико-овсяная смесь		Озимая рожь		Вико-овсяная смесь	
		Озимая рожь	Вико-овсяная смесь	Озимая рожь	Вико-овсяная смесь	Озимая рожь	Вико-овсяная смесь	Озимая рожь	Вико-овсяная смесь
ПЛН-3-35	КПС-4,0	2,01	4,52	33,7	45,6	19,2	19,4	1,76	2,35
	КБМ-4,2	2,09	4,86	35,0	49,1	19,2	19,5	1,83	2,52
	АППН-2,1	2,30	5,27	38,5	53,2	19,0	18,7	2,02	2,85
КПА-2,2	КПС-4,0	2,32	4,78	38,9	48,3	18,8	19,1	2,07	2,53
	КБМ-4,2	2,50	4,32	41,9	43,6	18,9	19,0	2,21	2,30
	АППН-2,1	2,39	4,87	40,0	49,2	18,7	18,3	2,14	2,69

**Почвообрабатывающе-посевной агрегат.** Для ресурсосберегающей технологии обработки почвы и посева, заключающейся в том, что за один проход производится полосное рыхление, культивация почвы в необработанных междурядьях с внесением минеральных удобрений, фрезерование, выравнивание поверхности и посев семян с прикатыванием, разработан агрегат АППН-2,1 (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Почвообрабатывающе-посевной агрегат АППН-2,1:

а - вид сбоку, б – вид сзади

Основой почвообрабатывающей частью агрегата АППН-2,1 является ротационный рыхлитель, а посевной части – сеялка рядового посева с килевидными сошниками.

Полевые испытания проведены на посевах озимой ржи на супесчаной и среднесуглинистой почве. На супеси влажность составила 13,5%, твердость – 1,75 МПа, плотность – 1,38 г/см<sup>3</sup>, гребнистость – 28 мм; на суглинистой – 15%, 0,9 МПа, 0,95 г/см<sup>3</sup> и 56 мм соответственно. Выявлено, что агрегат АППН-2,1 устойчиво выполняет технологический процесс, обеспечивая требуемую глубину обработки почвы и заделки семян. Крошение почвы соответствует агропотребованиям: на супеси содержание фракции почвы до 25 мм – 97%, на суглинке – 92%. Гребнистость поля на супеси составила 12 мм, на суглинке – 18 мм, плотность соответственно – 1,25 г/см<sup>3</sup> и 1,22 г/см<sup>3</sup>. Среднеквадратическое отклонение глубины заделки на супеси находилось в пределах от 2,6–2,8 мм, на среднем суглинке – 3,5–3,8 мм, коэффициент вариации не превышал 9%. На супеси тяговое сопротивление агрегата – 4,23 кН/м при расходе топлива 5,2 кг/га, на среднем суглинке – 4,57 кН/м и 5,4 кг/га соответственно.

Для оценки эффективности технологии посева с участием агрегата АППН-2,1 проведен полевой опыт по определению способа предпосевной обработки почвы и посева, обеспечивающего наибольшую урожайность яровой пшеницы при наименьших эксплуатационных затратах. В ходе опыта применение агрегата сравнивалось с традиционными технологиями: предпосевная обработка – дискатор БДМ-2,2; культиватор КБМ-4,2; культиватор КПС-4,0+4БЗСС-1,0; посев – сеялка СЗ-3,6 (табл. 3). Опыт проводился на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Доза минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Использование агрегата АППН-2,1 снизило трудоемкость на 27,5–42,5%, расход топлива на 8,4–16,6%, удельные эксплуатационные затраты на 2,5–26,2% и повысило урожайность в среднем на 6,8–8,2%, что обеспечило КЭЭ равный 2,53.

Использование почвообрабатывающей части АППН-2,1 в качестве отдельного почвообрабатывающего агрегата на предпосевной обработке показало, что



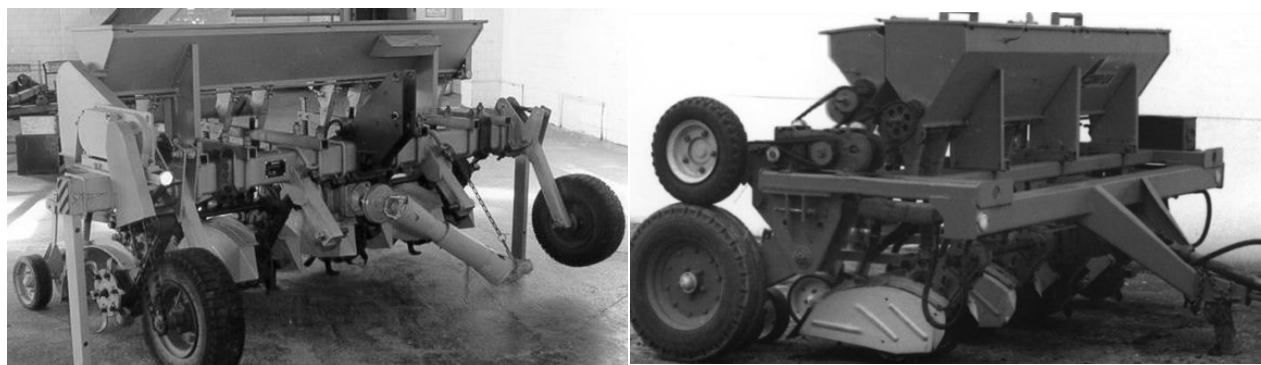
качество обработки почвы соответствует агротребованиям. При работе на супесчаной почве степень крошения почвы составляет 98-99%, при обработке средне-суглинистой почвы – 93–94%.

Таблица 3

### Эффективность способов обработки почвы и посева пшеницы

Способ предпосевной обработки почвы и посева	Грудоемкость, чел.-ч/га	Расход топлива, кг/га	Заграты энергии, МДж/га	Урожайность, т/га	Эксплуатационные затраты, руб/га	Получено обменной энергии, ГДж/га	Заграты энергии, ГДж/га	КЭЭ
Культивация КПС-4,0+ +4БЗСС-1,0; посев СЗУ-3,6	0,77	6,50	612	2,92	511	48,50	20,9	2,36
Культивация КБМ-4,2; посев СЗУ-3,6	0,69	6,42	598	3,02	490	50,16	20,8	2,44
Дискование БДМ-2,2; боронование БЗСС-1,0; посев СЗУ-3,6	0,87	7,05	796	2,93	648	48,67	21,0	2,35
Агрегат АППН-2,1	0,50	5,88	445	3,09	478	51,32	20,3	2,53

**Дернинные сеялки.** Перспективной альтернативой технологиям повышения продуктивности кормовых угодий, основанных на совокупности подавления их биоценозов гербицидами с механическим нарезанием в дернине бороздок и посевом в них семян трав, является полосной посев с механической обработкой в дернине полосы шириной, которая обеспечивает успешное развитие всходов без химического подавления аборигенной растительности. Для условий нашего региона эти технологические параметры составляют: ширина полосы – 0,10–0,11 м, глубина обработки – не менее 0,06 м; расстояние между осями полос в ленте – 0,22 м, расстояние между осями смежных лент – 0,7 м. Для осуществления данной технологии совместно с ОАО ВМП «Авитек» разработано семейство дернинных сеялок СДК (рис. 4).



а

б

Рис. 4. Общий вид сеялок СДК-2,8 (а) и СДКП-2,8М (б)

Для подтверждения эффективности полосного посева с использованием сеялки СДК-3,5 заложены полевые опыты с посевом клевера лугового и лядвенца рогатого. Почва пойменного луга дерновая, аллювиальная, среднесуглинистая. Посев произведен по фону  $P_{60}K_{90}$  (далее ежегодно), известь 0,86 т/га. Посев клевера (4,8 кг/га) за три года пользования обеспечил среднюю урожайность 5,56 т/га СВ, что в энергетическом эквиваленте равно 51,47 ГДж/га при КЭЭ 6,52. Посев лядвенца рогатого также существенно увеличил урожайность луга: в среднем за 8 лет пользования она возросла по отношению к природному травостою в зависимости от норм высева на 58,8–71,5% и составила 4,02–4,35 т/га СВ при урожайности на контроле 2,54 и по фону РК – 3,03 т/га СВ. При этом, качество сена, полученного с улучшенных посевом бобовых трав пойменных лугов, по содержанию в 1 кг сена обменной энергии (8,6–9,4 МДж), кормовых единиц (0,6–40,71), сырого протеина (12,92–14,20) и клетчатки (29,62–31,9%) соответствует или приближается к стандарту сена первого класса (табл. 4).

Таблица 4

#### Энергетическая эффективность полосного посева лядвенца рогатого

Варианты	Год пользования								Среднее
	1 г.п.	2 г.п.	3 г.п.	4 г.п.	5 г.п.	6 г.п.	7 г.п.	8 г.п.	
Урожайность естественного травостоя, т/га	2,48	2,56	3,25	2,43	1,98	2,20	2,81	2,63	2,54

## Технические науки

Урожайность при посеве лядвенца (4,8 кг/га), т/га	3,61	5,30	4,61	3,54	4,14	4,48	4,71	4,42	4,35
Затраты энергии на 1 га, ГДж/га	10,9	6,93	6,64	5,39	5,01	5,15	5,24	5,12	6,30
Затраты энергии на 1 т СВ, ГДж	3,03	1,31	1,44	1,52	1,21	1,50	1,11	1,16	1,55
Получено обменной энергии, ГДж/га	33,0	46,6	41,3	32,6	38,1	41,2	43,3	40,7	39,6
КЭЭ	3,01	6,72	6,22	6,04	7,60	8,00	8,26	7,93	6,72

Таким образом, результаты оценки эффективности применения разработанных многофункциональных машин для ресурсосберегающих технологий обработки почвы и посева в условиях Евро-Северо-Востока РФ выявили, что их использование позволит значительно повысить продуктивность возделываемых культур при снижении энергетических, ресурсных и трудовых затрат.

## Список литературы

1. Дёмшин С. Л., Черемисинов Д. А. и др. Разработка комбинированного почвообрабатывающего агрегата и оценка эффективности его использования // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 4 (41). С. 57–61.
2. Рекомендации по улучшению лугов и пастбищ в Северо-Восточном регионе Европейской части России / В. А. Сысуев, Н. Г. Ковалев и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 116 с.
3. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / Ю. Ф. Лачуга и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 80 с.

**ДЕМШИН Сергей Леонидович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией механизации полеводства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: sergdemshin@mail.ru;

**СИМОНОВ Максим Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: mv\_simonov@vyatsu.ru