

размещен насос с распределительной арматурой. Насос приводится в действие от ВОМа трактора. Рабочее давление 3-5 атм.

Снизу к раме на пружинной подвеске крепятся инъекционные диски SpikeWheel американского производства (см. рисунок). Количество дисков подбирается в зависимости от операции.



Рисунок - Инъекционные рабочие органы SpikeWheel

Рабочие органы SpikeWheel конструктивно представляют собой диски из нержавеющей стали 304, оснащенные сменными инъекционными иглами из закаленного сплава с карбидовольфрамовыми наконечниками [1]. На концах игл есть боковые отверстия для выхода жидкости. На одном диске закреплено 12 игл. Корпус ступицы выполнен из композитного материала и оснащен нейлоновой дозирующей втулкой. Сменные инъекционные иглы производятся длиной 3 1/2 дюйма и 2 дюйма. Дозатор раствора в ступице колеса и

устроен так, что впрыскивание жидкости происходит только в момент нахождения иглы перпендикулярно к поверхности качения.

Глубина внесения рабочей жидкости зависит от состояния поверхности почвы и составляет 6-8 см. При обработке плантаций клубники устанавливались 8 дисков – по два на каждый из четырех рядков с междурядьем 90 сантиметров.

Технология инъекционного внесения растворов является перспективным направлением развития технологий вертикальной обработки почвы.

Машина для инъекционного внесения растворов позволяет за один проход производить две операции – внесение раствора и частичное рыхление почвы.

Важным практическим аспектом является возможность оперативного внесения инсектицидов для борьбы с личинками майского жука и других вредителей корней растений.

#### Литература

1. SpikeWheel. Components. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://spikewheel.com/products> (дата обращения 30.09.2019). – Название с экрана.

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОДЕЛИ РИСОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

**Бекбосынов С.Б., к.т.н., профессор, Турымбетова Г.Д.**

КазНАУ, г. Алматы, Республика Казахстан

В настоящее время рисоводческие хозяйства Кызылординской области приобретают современную высокопроизводительную сельскохозяйственную технику иностранного производства. Возникает проблема рационального выбора парка рисоуборочных комбайнов адаптивных к местным особенностям и определения экономически наиболее эффективного состава парка, который обеспечил бы уборку заданной площади в кратчайшие сроки с минимальными производственными затратами.

Для определения эксплуатационно-технологических и экономических показателей рисоуборочных комбайнов в области нами были проведены исследования и проанализирована их работа за последние два года. Согласно методике исследований определяли убранную комбайном площадь за сезон, количество намолоченного зерна, количество отработанных дней, удельный расход топлива и др.

## Секция 1: Технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства

Согласно результатам исследований комбайны LEXION 750 и TUCANO 580 превосходят других по нескольким параметрам. Комбайн LEXION 750 показал лучший результат по сезонному намолоту зерна – 21394,7 ц (суточная производительность 822,87 ц). Это на два процента выше, чем у TUCANO 580 – 19712,5 ц (суточная производительность 788,5 ц зерна) и на семь процентов, чем у John Deere STS 9770 – 15399 ц (суточная производительность 627,16 ц зерна). Комбайн CASE 2388 уступил LEXION 750 19 процентов, а ЕНИСЕЙ-1200PM – 16.

Комбайн CASE 2388 показал на уборке суточную производительность - 410,38 цн зерна, но функционировал в течение сезона не более 17 рабочих дней, т.е. сезонный намолот не превысил 7326,7 ц; комбайном модели ЕНИСЕЙ-1200PM намолочено 9297,4 ц зерна за 27 рабочих дней, а его суточная производительность составила 361,3 ц зерна. Таким образом, комбайн CASE 2388 по суточному намолоту выше, а по сезонной производительности ниже, чем комбайн модели ЕНИСЕЙ-1200PM. Комбайн CLAAS TUCANO 580 оказался самым экономичным по расходу горючего – 0,4 л/ц, что значительно ниже, чем у других аналогов (LEXION 750 – 0,5, ЕНИСЕЙ-1200PM – 0,5). Комбайны John Deere STS 9770 и CASE 2388 показали на Кызылординском поле низкие результаты 0,6 и 0,7 л/ц зерна.

Средняя суточная производительность по площади уборки комбайнов TUCANO 580 и LEXION 750 составила, соответственно, 13,5 га и 14 га, а комбайна John Deere STS 9770 – 10,75 га. Средняя суточная производительность комбайнов CASE 2388 и ЕНИСЕЙ-1200PM составила, соответственно, 4,25 га и 5,5 га.

Полученные результаты эксплуатационно-технологической оценки работы комбайнов продемонстрировали, что не все модели рисоуборочных комбайнов по всем техническим параметрам подходят для условия Кызылординской области. Комбайны LEXION 750 и TUCANO 580 (Германия) стали лучшими по таким важным показателям, как производительность и убранная площадь, а также по удельному расходу топлива. Но за счет высокой их стоимости повышаются эксплуатационные расходы. Эксплуатационно-экономические показатели рисоуборочных комбайнов приведены в таблице 1.

Таблица 1. - Эксплуатационно-экономические показатели комбайнов

Наименование показателей	Марки комбайнов				
	CASE 2388	John Deere STS 9770	TUCANO 580	ЕНИСЕЙ-1200PM	LEXION 750
Цена, тенге	40000000	70856733	58017000	16641485	71 794 865
Год приобретения	2010	2013	2015	2011	2017
Мощность, кВт	242	294	278	106,6	308
Обслуживающий персонал	1	1	1	1	1
Фактически отработанное время	17	25	25	25	26
Производительность за 1 ч основного времени, га/т	0,74/4,3	1,06/6,16	1,35/7,885	0,64/3,72	1,41/8,23
Расход топлива за час основного времени, кг/ч, кг/га/кг/т	30,95/0,53	28,56/0,49	19,98/0,34	22,35/0,38	21,48/0,36
Затраты, тенге*/ч					
-амортизационные отчисления	6058,8	13136,8	16254	2056,88	23606,7
-зарплата	1939	2772	3548	2975	3702
-ремонт и техническое обслуживание	9917	6730	1133	4933	675
-дизельное топливо	2684	3542	3160	1488	3548
-охрана среды	51,5	48,12	50,25	65,5	45,8
Часовые эксплуатационные затраты, тенге/ч	20650,3	26228,92	24145,25	11518,38	31577,5
Себестоимость уборки, тенге/га	27905,8	24744,3	17885,3	17997,5	22395
Себестоимость уборки, тенге/т	4802,4	4257	3062,2	3096,33	3836,8

\*1 USD = 388,06 тенге

При испытаниях в одинаковых условиях совокупные затраты денежных средств на уборке риса по комбайну «Енисей-1200PM» (при производительности 3,72 т/ч основного времени)

равны 3096,33 тенге/т, а у комбайна «TUCANO 580» (его производительность составила 7,885 т/ч основного времени) – 3062,2 тенге/т, т.е. почти одинаковые затраты. Это объясняется тем, что хотя разница в ценах на комбайны существенные, но за счет более высокой своей мощности (278кВт) и конструкционных особенностей МСУ комбайн «TUCANO 580» превосходит по производительности комбайн «Енисей-1200PM», поэтому затраты на ремонт и ТО комбайна «TUCANO 580» ниже, чем затраты комбайна «Енисей-1200PM».

Затраты на ремонт и ТО на комбайны фирмы «John Deere STS 9770» и «CASE 2388» – 9917 и 6730 тенге соответственно. Это связано не только с тем, что комбайны фирмы John Deere и «CASE 2388» имеют большее количество отказов из-за срока эксплуатации, но и с тем, что запасные части этих комбайнов значительно дороже, чем у российских.

Для определения оптимального количества комбайнов рассмотрим на примере рисоводческого хозяйства «Магжан и К» (площадь основной культуры риса - 4500 га). В математической форме задача записывается следующим образом:

Общие затраты поставленной задачи определяются функцией вида [1,2].

$$\text{Целевая функция: } Z = \sum_{j=1}^n C_j \cdot x_j \rightarrow \min$$

где  $j$  - номер марки рисоуборочного комбайна;  $C_j$  - себестоимость работы  $j$ -тым комбайном ( $j = 1; n$ ).

Система переменных включает в себя группу переменных ( $x_1-x_5$ ) обозначающих искомое число комбайнов соответствующего типа, используемых на уборке риса:  $x_1$  – Case 2388;  $x_2$  – John Deere STS 9770;  $x_3$  – Tucano580;  $x_4$  – Енисей-1200PM;  $x_5$  – Lexion 750.

Тогда целевая функция имеет вид:

$$4802,4 \cdot x_1 + 4257x_2 + 3062,2x_3 + 3096,33x_4 + 3836,8x_5 \rightarrow \min .$$

Первая группа ограничений обеспечивает выполнение заданных объемов работ за период уборки риса. Эта группа ограничений показывает необходимость обязательного выполнения уборки риса на площади 4500 га и намолота 25000 тн зерна.

$$\text{по площади уборки } \sum_{j=1}^n S_j \cdot x_j \geq S,$$

$$126 \cdot x_1 + 265x_2 + 338x_3 + 160x_4 + 367x_5 \geq 4500,$$

$$\text{по намолоту зерна } \sum_{j=1}^n Q_j \cdot x_j \geq Q,$$

$$732,67 \cdot x_1 + 1539,9x_2 + 1971,25x_3 + 929,74x_4 + 2139,47x_5 \geq 23836,31,$$

где  $S$  - общая уборочная площадь риса, га;  $Q$  - сезонный намолот зерна, т.

Коэффициенты переменных в данном случае показывают производительности по площади уборки и намолоту зерна рисоуборочных комбайнов на уборке за весь период.

Ко второй группе ограничений относятся эксплуатационные затраты, которые определяют полезный эффект рисоуборочного комбайна в процессе его эксплуатации.

$$\sum_{j=1}^n R_j \cdot x_j \leq R,$$

$$20,65 \cdot x_1 + 26,228x_2 + 24,145x_3 + 11,518x_4 + 31,57x_5 \leq 500.$$

Коэффициенты переменных в данном случае показывают часовые эксплуатационные затраты рисоуборочных комбайнов, тыс.тенге.

Третья группа ограничений - стоимость основных фондов, млн. тенге.

$$\sum_{j=1}^n F_j \cdot x_j \leq F,$$

$$40 \cdot x_1 + 70,856x_2 + 58,017x_3 + 16,641x_4 + 71,79x_5 \leq 3575,44,$$

где  $F$  - стоимость валовой продукции, тенге, которая представляет собой валовой сбор (23836,31 тн) умноженный на сравнительную цену за 1 тн риса (150000 тенге).

Четвертая группа ограничений показывает необходимость обязательного выполнения уборки риса на площади 4500 га за агротехнический срок.

$$\sum_{j=1}^n \omega_j \cdot x_j \leq \frac{S}{T},$$

где  $T$  - агротехнический срок уборки риса, дни;  $\omega$  - производительность в переводе на 10 часов работы при подборе и обмолоте валков, га/день.

$$7,4x_1 + 10,6x_2 + 13,5x_3 + 6,4x_4 + 14,1x_5 \leq \frac{4500}{25},$$

$$7,4x_1 + 10,6x_2 + 13,5x_3 + 6,4x_4 + 14,1x_5 \geq 180.$$

По своему содержанию переменные  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  могут принимать лишь целые неотрицательные значения, т.е.  $x_{1,2,3,4,5} > 0$ ,  $x_j$  - целые числа.

В результате математического метода обоснования выбора модели рисоуборочных комбайнов рациональным будет использование 13 комбайнов марки Tiscano 580, которые позволяют получить максимальную прибыль в размере 3765,46 млн.тенге, сократить эксплуатационные затраты и обеспечить резерв основных запасных частей.

#### Литература

1. Практикум по математическому моделированию экономических процессов в сельском хозяйстве/А.Ф.Карпенко [и др.]. М.: Агрпромиздат, 1985. – 269 с.
2. Экономико-математические методы и прикладные модели / В.В. Федосеев [и др.]. М.: ЮНИТИ, 1999. – 391 с.

УДК 629.114.2

### **О СВЯЗИ МЕЖДУ РЕЖИМАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА**

**Попов В.Б.**, к.т.н., доцент  
ГГТУ, г. Гомель, Республика Беларусь

Подъемно-навесное устройство (ПНУ) (рис.1а), как часть универсального энергетического средства (УЭС), регулярно функционирует в трех основных режимах [1] - рабочем, транспортном и режиме перевода навесной машины из рабочего положения в транспортное.

Связь между режимами функционирования выражается через общие выходные параметры функциональных математических моделей (ФММ), описывающих соответствующие режимы.

Координаты всех подвижных шарниров механизма навески (МН) и характерных точек замкнутой кинематической цепи (рис.1б) определяются относительно УЭС. В частности, координаты оси подвеса МН -  $P_{56}$  определяются по выражениям:

$$X_{56}(S) = X_{05} + L_{56} \cdot \cos \varphi_5(S), \quad Y_{56}(S) = Y_{05} + L_{56} \cdot \sin \varphi_5(S), \quad (1)$$

где,  $X_{05}, Y_{05}$  - координаты шарнира  $P_{05}$  на раме УЭС;  $\varphi_i$  - угол, образуемый соответствующим звеном, в правой декартовой системе координат.

Следует отметить, что часть выходных параметров режима перевода навесной машины из рабочего положения в транспортное (рис.1б) присутствует и в формализованном описании двух других режимов. Отличие состоит в диапазоне и характере изменения обобщенной координаты -  $S$ . В режиме “перевода”  $S$  изменяется от значения соответствующего началу