

Как видно из сравнения (рисунок 1), электрогидравлические динамометры имеют наименьшую металлоемкость. Удельная металлоемкость электрогидравлического динамометра мощностью 150 кВт по сравнению с электрическими ниже на 240 %, мощностью 200 кВт – на 172 %, мощностью 300 кВт – на 60 % и мощностью 400 кВт – на 36 %. Так как свыше 80 % сельскохозяйственных тракторов и машин снабжены двигателями мощностью, не превышающей 250 кВт, то наиболее целесообразнее использование для их обкатки и испытаний обкаточно-тормозных стендов с электрогидравлическим динамометром.

### **Заключение**

Применение аксиально-плунжерных насосов в качестве тормоза при обкатке и испытаниях ДВС является перспективным направлением. Развитие этого направления позволит в короткие сроки оснастить ремонтные предприятия дешевыми, малогабаритными, универсальными, экономичными и надежными стендами, исключив при этом необходимость в импортных устройствах.

### **Литература**

1. Григорьев, П.В. Новые обкаточно-тормозные стенды для двигателей внутреннего сгорания / П.В. Григорьев, А.А. Ермилов. – МТС. – 2006. – № 1. – С. 53-54.
2. Международный Интернет-портал [Электронный ресурс] / Сайт компании «Haribo» – Режим доступа: <http://www.haribo.com>. – Дата доступа: 22.02.2009.
3. Российский Интернет-портал [Электронный ресурс] / Сайт компании ЗАО «НП «МИКС Инжиниринг»» – Режим доступа: <http://www.mix-eng.ru>. – Дата доступа: 22.02.2009.
4. Жданко, Д.А. Теоретическое обоснование параметров гидравлического тормозного устройства обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2009. – № 3. – С. 38-42.

УДК 629.065:634.8.047

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

*Непарко Т.А., к.т.н., доц. (БГАТУ), Прищепчик М.В. студ. (БГУИР),  
Гулай А.С., магистрант (БГАТУ)*

### **Введение**

Функция погрузочно-транспортного процесса, например, на уборке зерновых культур, реализуется в условиях достаточно жестких ограничений на сроки проведения работ, связанных с минимизацией потерь биологического урожая.

Для оценки эффективности функционирования погрузочно-транспортных средств предлагается комплексный критерий, учитывающий эксплуатационно-экономические и агротехнические показатели качества работы. В качестве такого критерия выбрана продолжительность выполнения уборочных работ в установленные агротехнические сроки при минимально допустимом комплексе машин в каждом технологическом звене, обеспечивающем непрерывность поточной линии.

### **Основная часть**

Поточную линию уборки зерновых культур представим как отдельные технологические операции (подсистемы  $i = 1, 2, \dots, m$ ), выполняемые последовательно комплексом машин. Такая линия обладает высокой стахостичностью свойств и режимов функционирования. Замкнутость комплекса машин (ведущая к сильным обратным связям в системе) рассматривается как многофазная система с ограниченным распределением

ресурсов, критерием оптимизации которой служит количество продукции на выходе последней подсистемы при заданном ритме производственного процесса.

Пусть  $\Theta$  – ожидаемый валовой сбор биологического урожая и уборочно-транспортный комплекс разделен на  $i$  подсистемы.

Потери, связанные с функционированием уборочной подсистемы ( $i = 1$ ), составят

$$П_1 = \Theta - Q_1 D = \Theta - W_1 n_1 \tau_1 T_{см} D, \quad (1)$$

где  $\Theta$  – ожидаемая урожайность,  $Q_1$  – ежедневный сбор зерна в  $i = 1$  подсистеме;  $D$  – агротехнические сроки уборки (нормативные и изменению не подлежат);  $W_1$  – фактическая часовая производительность;  $n_1$  – количество уборочных агрегатов;  $\tau_1$  – коэффициент использования времени смены подсистемы;  $T_{см}$  – продолжительность смены.

Потери, связанные с функционированием погрузочно-разгрузочных ( $i = 2$ ) подсистем,

$$П_2 = D(Q_1 - Q_2) = D[Q_1 - (V_T k_T \gamma \tau_2 T_{см} n_2 / t_{ц2})], \quad (2)$$

где  $V_T$  – вместимость технологической емкости;  $k_T$  – коэффициент использования объема технологической емкости;  $\gamma$  – объемная масса материала;  $\tau_2$  – коэффициент использования времени смены подсистемы;  $n_2$  – количество погрузочно-разгрузочных средств;  $t_{ц2}$  – продолжительность одного погрузочно-разгрузочного цикла.

Потери, связанные с функционированием транспортной ( $i = 3$ ) подсистемы,

$$П_3 = D(Q_2 - Q_3) = D[Q_2 - (V_K k_K \gamma \tau_3 T_{см} n_3 / t_{ц3})], \quad (3)$$

где  $V_K$  – вместимость кузова транспортного средства;  $k_K$  – коэффициент использования объема кузова;  $\tau_3$  – коэффициент использования времени смены подсистемы;  $n_3$  – количество транспортных средств;  $t_{ц3}$  – продолжительность одного транспортного цикла.

Чтобы потери  $П_2$  и  $П_3$  были минимальными, в уравнениях (2) и (3) должен быть максимально большой второй член в скобках правой части, т.е.

$$\min П_2 = \max(V_T k_T \gamma \tau_2 T_{см} n_2 / t_{ц2}) \quad (4)$$

и

$$\min П_3 = \max(V_K k_K \gamma \tau_3 T_{см} n_3 / t_{ц3}). \quad (5)$$

Естественно, что чем меньше продолжительность цикла, тем меньше надо погрузочно-разгрузочных и транспортных средств в  $i = 2$  и  $i = 3$  подсистемах и тем легче при заданном составе машин выполнить запланированный объем работ. Если количество машин в подсистеме не оптимально, то они будут или простаивать или не будет выполнен запланированный объем работ.

Для выбора оптимальной стратегии управления уборочно-транспортным процессом при заданной интенсивности грузопотока выясним, какие задачи управления строятся при варьировании численных значений переменных в выражениях (4) и (5). Поскольку величины

$V_T k_T \gamma$  и  $V_K k_K \gamma$  для выбранных погрузочно-разгрузочных средств постоянны, то оптимизация продолжительности цикла сводится к оптимизации скорости движения и расстояния условного рейса (или месторасположения и распределения рулонов (тюков) по полю).

Средняя скорость движения  $v$  зависит от технической характеристики машины, качества дорог, простоев при обслуживании в различных подсистемах и схемы транспортного обслуживания (жесткой или гибкой связи). Таким образом, оптимизация средней скорости перевозок сводится в основном к сокращению простоев в ожидании

обслуживания. Время простоя транспортных средств ( $T_{пр}$ ) в  $i$ -й подсистеме за общее расчетное время работы машин в течение агротехнического срока ( $T_a$ ) во всех подсистемах линии составит

$$T_{пр} = N \sum_{i=1}^m t_{ож\ i\ ср}, \quad (6)$$

где  $N = \Theta / (V_k k_k \gamma)$  – необходимое количество рейсов транспортных средств за  $T_a$ ;  $t_{ож\ i\ ср}$  – среднее время ожидания обслуживания транспортных средств в  $i$ -й подсистеме.

Средний путь условного рейса транспортной единицы принимаем равным расстоянию от центра убираемого поля до пункта переработки (хранения).

Общее время перемещения собранного урожая в поточной линии в течение агротехнического срока или суммарная производительность должны быть одинаковы во всех подсистемах:

$$W_i = W_{i+1} = \dots = W_m. \quad (7)$$

Установлено, что для стационарного режима эксплуатации в поточных линиях при жестком взаимодействии технологических звеньев максимальный коэффициент использования достигает 0,7 [1].

Оптимальное время перемещения собранного урожая в  $i$ -й подсистеме не зависит от ее номера, следовательно, фактическое суммарное время работы машин за  $T_a$  найдем из условия

$$\sum_{i=1}^m T_{\phi i} - T_a = 0 \quad \text{или} \quad T_{\phi i} = \frac{T_a}{m} \quad (8)$$

Оптимальное время работы каждой подсистемы – необходимый, но недостаточный критерий оптимизации функционирования поточной линии. Следует найти оптимальный состав технических средств в каждой подсистеме. Для этого следует определить вероятность простоя машин в  $i$ -й подсистеме и с учетом этой вероятности рассчитать состав технических средств при минимуме потерь. Минимум потерь достигается применением гибких связей технологических звеньев в расчете на возможные отказы (установка межоперационных накопителей урожая).

Непрерывность работы уборочного отряда ( $i = 1$ ) на отведенных участках (цикл работы) зависит от количества технологических емкостей (бункеров или других накопителей), рулонов (тюков) соломы, погрузочно-разгрузочных средств. Кроме того, функционирование уборочного отряда и погрузочно-разгрузочных средств ( $i = 1$  и  $i = 2$  подсистем) в реальных условиях характеризуется жесткой связью. Тогда необходимое количество агрегатов в  $i = 2$  подсистеме определим из условия

$$n_2 \geq W_{н\ 1} / (W_{п\ 2} P_{п\ 2}) + z' / (W_{р\ 2} P_{р\ 2}), \quad (9)$$

где  $W_{н\ 1}$  – нормативная часовая производительность уборочного отряда;  $W_{п\ 2}$  – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства;  $P_{п\ 2}$  – вероятность того, что все погрузочно-разгрузочные агрегаты заняты в одном уборочном цикле;  $z'$  – количество рулонов (тюков) соломы в поле;  $W_{р\ 2}$  – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного агрегата на уборке незерновой части урожая;  $P_{р\ 2}$  – вероятность того, что погрузочно-разгрузочные агрегаты заняты на уборке незерновой части урожая.

Значение надо округлять в большую сторону до целого числа. Минимально допустимое количество погрузочно-разгрузочных агрегатов в  $i = 2$  подсистеме, обеспечивающее непрерывность уборочного процесса в  $i = 1$  подсистеме, должно быть не менее  $2n_2 / 3$ .

Количество рулонов (тюков), ожидающих погрузки и вывоза с поля, определим из предположения, что уборочный отряд работает в стационарном режиме с цикловой

производительностью  $W_{ц1}$ :

$$n'_2 = \ln p_{от} / \ln(W_{ц1} / W_2) - \ln((W_{ц1} / W_2) + 1), \quad (10)$$

где  $p_{от}$  – вероятность отказа или вероятность того, что вся незерновая часть урожая убрана.

Потребность в транспортных средствах для поддержания стационарного режима уборочного отряда определим по формуле:

$$n_3 = \ln p_{от} / \ln(W'_2 / W_3) - \ln((W'_2 / W_3) + 1), \quad (11)$$

где  $W'_2$  – масса зерна (незерновой части урожая), убранного в единицу времени;  $W_3$  – цикловая производительность транспортной единицы.

Значения  $n'_2$  и  $n_3$  следует округлять в большую сторону до целого числа.

Применение гибкой технологии и предложенной методики определения  $n_2$ ,  $n'_2$  и  $n_3$  при проектировании поточной линии позволяют достичь максимального использования потенциальных возможностей подсистем. Принимая во внимание, что транспортные средства выступают в роли связующего звена функционирования всех последующих подсистем ( $i = 4, 5, \dots, m$ ), необходимо увязать их взаимодействие по производительности согласно уравнению (7) и выбрать оптимальный состав технических средств, обеспечивающих минимальные простои транспортных средств в ожидании обслуживания.

Решение задачи сводится к минимизации суммарных потерь от простоя уборочного отряда, содержания и обслуживания погрузочно-транспортного парка за агросрок:

$$C_{пр i} = C_T T_{пр т} + \sum C_i T_a - N \sum C_i T_{ф i}, \quad (12)$$

где  $C_T$  и  $C_i$  – стоимость 1 ч простоя транспорта и технических средств уборочного отряда;  $T_{пр т}$  – общее время простоя транспорта в ожидании обслуживания за агросрок, определяемое из уравнения (6);  $N$  – плановое количество рейсов транспорта за агросрок;

$T_{ф i} = \sum_{i=1}^m t_{об i ср}$  – фактическое время работы обслуживающих подсистем транспорта за агросрок;  $t_{об i ср}$  – среднее время обслуживания транспортной единицы в  $i$ -й подсистеме.

Дополнительные затраты на выполнение заданного объема работы в  $i$ -й подсистеме

$$C_{а i} = E_{н i} / C_3 \Delta Q_i, \quad (13)$$

где  $E_{н i}$  – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капложений;  $C_3$  – себестоимость зерна;  $\Delta Q_i = Q_i - Q_{ф i}$  – объем невыполненной работы из-за снижения производительности машин в  $i$ -й подсистеме за  $T_a$ .

Таким образом, дополнительные суммарные приведенные затраты для  $i$ -й подсистемы поточной линии составят

$$C = C_T T_{пр т} + \sum C_i T_a - N \sum C_i T_{ф i} + E_{н i} / C_3 \Delta Q_i. \quad (14)$$

Представленная методика позволила определить резервы улучшения использования погрузочно-транспортных средств. Чтобы свести потери урожая к минимуму при одновременном созревании урожая на полях, удаленных на различные расстояния от пункта переработки (хранения), уборку в оптимальные сроки следует начинать с близлежащих полей.

### **Заключение**

Разработанная методика выбора рациональных комплексов машин и полученные критериальные математические модели могут быть использованы при проектировании производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала, организации работ и управлении производственными процессами в сельскохозяйственных предприятиях.

### **Литература**

1. Непарко Т.А. Прогнозирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Агротранспорт.- 2004.- № 2.- С. 30-36.
2. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.- Київ.: Урожай, 1994.

УДК 631.31

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УБОРКИ НЕЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*Новиков А.В., к.т.н., доц., Непарко Т.А., к.т.н., доц. (БГАТУ),  
Чеботарев В.П., к.т.н., доц. (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»)*

### **Введение**

Механизация уборки незерновой части урожая в общем объеме работ по производству зерна занимает около 25-35%. Это связано с тем, что общая масса соломы в полтора–два раза больше, чем зерна, а ее плотность – почти в 40 раз меньше плотности зерна. Машины и приспособления для уборки незерновой части урожая имеют достаточно высокую производительность и позволяют значительно снизить затраты труда и средств при правильной их эксплуатации, знании устройства, процесса работы, регулировки и оптимальной настройки. Правильный выбор способов уборки и комплексов машин применительно к природно-производственным условиям сельскохозяйственного предприятия, а также умелая организация использования техники повышает эффективность механизированной уборки незерновой части урожая зерновых культур.

### **Основная часть**

Для уборки соломы существует несколько технологических схем: копенная, поточная, валковая. Выбор той или иной технологической схемы определяется почвенно-климатическими условиями, возможностями и специализацией сельскохозяйственного предприятия, потребностями в грубых кормах, расстояниями от полей до животноводческих комплексов, а также технологической схемой уборки зерновой части урожая. Но в любом случае важно своевременно освободить поля для подготовки под будущий урожай, максимально снизить затраты на уборку соломы. Трудоемкость уборки и переработки соломы в несколько раз выше, чем уборки зерна: если на уборку и послеуборочную обработку 1 т зерна она колеблется в пределах от 1,5 до 2,5 ч, то на уборку и утилизацию 1 соломы – от 4,5 до 12 ч, из которых 80% приходится на полевые уборочные работы. Поэтому очень важно правильно выбрать технологию и определить объемы использования соломы с учетом конкретных условий.

Уборку соломы чистых сухих посевов озимых и яровых для использования на корм и подстилку можно проводить по любой из известных схем, из которых самая экономичная копенная (укладка копен и скирдование на краю поля). По сравнению с другими схемами она дает возможность в напряженный период уборки сравнительно быстро и с небольшо-