



Оптимальный комбайновый парк предприятия: как правильно рассчитать



В статье представлены методика расчета оптимального состава парка зерноуборочных комбайнов и результаты оценки показателей их экономической эффективности. Дано решение задачи дуализма применения показателей, оценивающих экономическую эффективность зерноуборочных комбайнов. Определены численные значения граничных переходов состояний сельскохозяйственных предприятий по уровню их технической оснащенности.

Эффективность работы сельхозпредприятий зависит от множества факторов. Важнейшим из них является фактор *технической оснащенности производства (ТО)*. Результаты работы, а вместе с ними и качественные состояния предприятий, которые можно описать, как минимум, четырьмя устойчивыми зонами, находятся в прямой зависимости от уровня этого фактора (рис. 1).

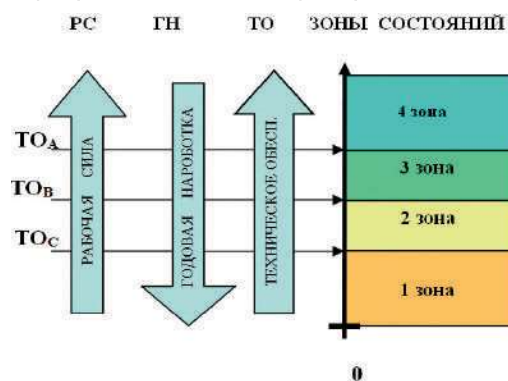
Первая зона. Зона сворачивания масштабов производства, а во многих случаях и прекращение деятельности предприятия.

Вторая зона. Зона растянутых агротехнических сроков выполнения технологических операций.

Третья зона. Зона оптимальных агротехнических сроков, установленных требованиями технологических карт.

Четвертая зона. Зона укрепления защитных свойств предприятия и повышения надежности его функционирования.

Рис. 1. Диаграмма влияния технического обеспечения предприятий на состояние отрасли растениеводства.



PS – рабочая сила, GN – годовая наработка с.х. техники, ТО – техническое оснащение.

С целью оценки практической значимости и границы применимости методики расчета комбайнового парка при комплектации парка предприятия современной техникой и ее последующей эксплуатацией, были проведены:

- анализ существующих методик на степень их пригодности для оценки эксплуатационно-технической и экономической эффективности комбайновой техники при ее приобретении и последующей эксплуатации в составе парка предприятия;
- определение условий и границ применимости экономических критериев для оценки эффективности работы комбайнов.



С агротехнической точки зрения наилучшим уровнем технической обеспеченности считается такой уровень, который гарантирует надежное выполнение всех технологических операций в оптимальные агротехнические сроки (*зона 3, рис. 1*).

Четвертую зону часто идентифицируют как зону избыточной насыщенности техники. С экономической точки зрения ее наличие внешне кажется неоправданным. Однако серьезные исследования в пользу такого заключения, равно как и оценка положительных свойств зоны избыточной насыщенности, в открытых публикациях нами не обнаружены.

А то, что эта зона обладает положительными свойствами, убеждают результаты несложных расчетов. Вероятность успешного выполнения уборки двумя комбайнами всегда выше вероятности каждого из них:

$$K_{mn} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - K_i)$$

Где K_{mn} – коэффициент технологической надежности или готовности; n – количество машин, выполняющих одну и ту же операцию, шт.; j – коэффициент готовности i -ой машины.

При работе двух комбайнов, имеющих готовность $K_1=K_2=0,9$ (недопустимо низкий показатель), значение K_{mn} составляет 0,99: $K_{mn}=1-(1-0,9)(1-0,9)=0,99$.

Таким образом, насыщение хозяйства техникой выше норматива, определенного для зоны 3, всегда повышает вероятность успешного выполнения работы даже техникой с относительно низким коэффициентом готовности, а это, в конечном счете, обеспечивает высокую степень сохранности сельхозпроизводства при возникновении различного рода кризисных явлений.

Техника в данном случае выполняет такую же защитную функцию, что и иммунная система у живых организмов. Биологическая особь, защитный иммунитет которой ослаблен до нулевого или близкого к нему уровня, обречена на гибель при малейшем изменении среды обитания. То же самое происходит и с реальным производством, когда уровень его технического оснащения приближается к нулевой отметке (*зона 1, рис.1*).

Динамика изменения показателя технической оснащенности (*табл. 1*) указывает на то, что аграрное производство России в сравнении с развитыми странами мира пребывает в состоянии непрерывного ослабления.

Этот факт сам по себе мог бы и не вызывать каких-либо тревог, если бы аграрное производство страны по состоянию своего технического обеспечения пребывало в пределах зон 3 или 4. Реально же оно находится в первых двух зонах, которые характеризуются малым уровнем защитных свойств предприятий и низкими показателями эффективности их работы.

Рост технического оснащения автоматически ведет к уменьшению показателя годовой нагрузки каждой единицы техники и естественному росту численности механизаторов, то есть к ухудшению именно тех показателей эффективности работы машинно-тракторного парка страны, которые традиционно принято оптимизировать.

Приведенная модель качественных состояний предприятий отрасли растениеводства пригодна для решения целого ряда практических задач. Однако ее применение во многом сдерживается из-за отсутствия для каждого вида техники надлежащих алгоритмов расчета численных значений граничных переходов ТОа, ТОв и ТОс (*рис. 1*), устанавливающих шкалу качественных состояний аграрного производства по показателю технического оснащения.

Построение этих алгоритмов и особенности их применения рассмотрим на примере зерноуборочных комбайнов. Число мобильных сельскохозяйственных агрегатов, в том числе и зерноуборочных комбайнов, потребных для выполнения работ на заданной площади, определяют по формуле:

$$ТО = S / (Wэ * Tп) = S * Nуд, (1)$$

где $ТО$ – нормативная потребность в зерноуборочных комбайнах на заданную площадь уборки, шт.; $Wэ$ – эксплуатационная производительность комбайна, га(т)/ч; $Tп$ – регламентированный период уборки урожая, час; $Nуд$ – удельная потребность (оснащенность) в зерноуборочных комбайнах для уборки поля на площади в один гектар, шт./га; S – площадь убираемой культуры, га.

В данном выражении определяющую роль играет длительность планового периода уборки урожая $Tп$, растягивание которого всегда влечет за собой увеличение уровня необратимых потерь урожайности зерновых культур из-за наличия у них естественного механизма самопроизвольного осыпания.

По данным Самарского НИИСХ, в зоне Поволжья зерновые ежедневно теряют от 0,8 до 1,1% от своей урожайности (средняя величина 0,94%). Аналогичную статистику имеют и другие НИИСХ субъектов Российской Федерации.

Таблица 1. Оснащенность зерноуборочными комбайнами

СТРАНА	ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ КОМБАЙНЫ, шт./1000 га посева			
	1990 г.	1995 г.	1998 г.	2010 г.
Россия	6,6	5,5	5,0	3,2
Великобритания	13,0	16,0	12,0	14,0
Германия	23,0	20,0	20,0	20,0
Франция	19,0	19,0	14,0	13,0
США	17,0	12,0	16,0	15,0
Канада	20,0	20,5	19,0	19,0



Для определения оптимальной продолжительности уборки примем следующую модель осыпания: два первых дня после полного созревания осыпание убираемой культуры практически отсутствует, а далее каждый день стояния хлебостоя сопровождается значением средней величины дневных потерь.

При таком условии и равномерной схеме уборки суммарные потери урожая составят величину

$$Y_p = \gamma_a \cdot n^{-1} \cdot \sum_{i=1}^{n-2} I_i; \text{ (при } i \leq 2 \text{ } I_i = 0), \text{ (2)}$$

где Y_p – суммарные потери за период уборки, %; Y_d – зональные среднестатистические дневные потери, %; n – плановый период уборки урожая, день.

Для зоны Поволжья при значениях $Y_p = 2\%$ и $Y_d = 0,94\%$ период уборки, рассчитанный по формуле (2), составляет 7 дней ($2+5=7$). При ежедневной продолжительности работы в 12 часов предельный уровень оптимального периода уборки равен 84 часам ($TP=84$ ч.). В первом приближении примем эту величину за основу при расчете оптимального уровня технического насыщения TOB .

Формулы (1) и (2) применимы для расчета оптимального парка зерноуборочных комбайнов во всех почвенно-климатических зонах страны и на всех уровнях хозяйствования от предприятия до страны в целом. Однако при их использовании имеет место своя специфика, которая обусловлена наличием у данного типа машин двух различных по своей природе показателей эксплуатационной производительности:

$$WT_3 = WTo \cdot K_3 = 3,6 \cdot q \cdot K_3 / (1 + \varphi); \text{ (3)}$$

$$WS_3 = WSo \cdot K_3 = 0,1 \cdot Bж \cdot VP \cdot K_3; \text{ (4)}$$

где WTo , WT_3 – соответственно чистая и эксплуатационная производительность по массе убранного зерна, т/час; WSo , WS_3 – соответственно чистая и эксплуатационная производительность по площади уборки, га/час; q – подача хлебного вороха, кг/с; $\varphi = q_c / q_3$ – соломистость входного вороха (для злаковых культур $\varphi = 0,6 \dots 2,5$); q_c , q_3 – интенсивность подачи соответственно соломы и зерна на вход молотильного устройства комбайна, кг/с; K_3 – коэффициент использования рабочего времени; $Bж$ – ширина захвата жатки, м; VP – рабочая скорость движения комбайна.

Подстановка (3) и (4) в исходную формулу (1) приводит к двум алгоритмам расчета удельной потребности производства в зерноуборочных комбайнах:

$$Ns = 1 / (WS_3 \cdot Tn) = 10 / (Bж \cdot VP \cdot K_3 \cdot Tn); \text{ (5)}$$

$$Nt = Y / (WT_3 \cdot TP) = Y \cdot (1 + \varphi) / (q \cdot 3,6 \cdot Tn \cdot K_3); \text{ (6)}$$

где Ns , Nt – удельная потребность зерноуборочных комбайнов для уборки поля на площади в один гектар, рассчитанная соответственно с учетом производительности комбайна по площади и массе убранного зерна, шт./га; Y – урожайность убираемой культуры, т/га.

Вопрос о том, какой из указанных алгоритмов следует использовать для расчета потребности аграрного производства страны в зерноуборочных комбайнах, разрешает критерий граничной урожайности:

$$U_{гр} = Q_{1,5} \cdot 360 / (Bж \cdot VP \cdot (1 + \varphi)); \text{ (7)}$$

где $Q_{1,5}$ – паспортная величина уровня подачи зернового вороха при нормированном режиме работы комбайна: потери молотильного устройства 1,5%, соломистость входного зернового вороха $\varphi = 1,5$; VP – максимальная рабочая скорость комбайна ($VP = 7,2 - 9,0$ км/ч).

Для современных комбайнов, которые широко представлены на внутреннем рынке страны, численные значения граничной урожайности, рассчитанные при нормированных значениях исходных параметров ($VP = VP_{н} = 7,2$ км/ч; $\varphi = 1,5$; $Bж = 6$ м), лежат в диапазоне от 19 (СК-5М-1 Нива-Эффект с $Q_{1,5} = 5,7$ кг/с) до 61,2 ц/га (Lexion 780 с $Q_{1,5} = 20,2$ кг/с).

Комбайн, работающий на поле с урожайностью меньше его граничной урожайности ($Y < U_{гр}$), обладает постоянной производительностью по площади WS_3 и переменной по убранной массе WT_3 . При работе на поле с урожайностью больше граничной величины ($Y > U_{гр}$) имеет место обратная картина: WT_3 – постоянная, а WS_3 – переменная.

Расчет удельной потребности конкретных типов зерноуборочных комбайнов производят по тому алгоритму, который обеспечивает постоянную величину эксплуатационной производительности:

$$N_{уд} = \begin{cases} N_s \text{ при } Y < U_{гр}; \\ N_t \text{ при } Y > U_{гр}. \end{cases} \text{ (8)}$$

При $Y = U_{гр}$ имеет место равенство $N_{уд} = N_s = N_t$. Из двух алгоритмов расчета $N_{уд}$, представленных выражением (8), алгоритм $N_{уд} = N_s$ является наиболее предпочтительным, так как он допускает возможность нормирования всех входящих в него параметров.

Двойственная природа эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов порождает аналогичную двойственность и их экономического показателя себестоимости уборки:

$$ZT_3 = ЧЗЗ / WT_3; \text{ (9)}$$

$$ZS_3 = ЧЗЗ / WS_3; \text{ (10)}$$

где ZT_3 , ZS_3 – себестоимость уборки соответственно одной тонны зерна и одного гектара площади, руб./т (га); $ЧЗЗ$ – часовые эксплуатационные затраты зерноуборочного комбайна, руб./ч.

Расчет нормированной потребности аграрного производства в зерноуборочных комбайнах по алгоритму $N_{уд} = N_s$ сводится к совместному табулированию выражений (2) и (5) при различных значениях их исходных параметров (табл. 2).

Шкала граничных уровней технической оснащенности аграрного производства зерноуборочными комбайнами проградирована в таблице 2 по алгоритму суммарных потерь:

$$TO = \begin{cases} TO_d \text{ при } \gamma_p = 0\%; \\ TO_b \text{ при } \gamma_p = 2\%; \\ TO_c \text{ при } \gamma_p = 5\%. \end{cases} \text{ (11)}$$

Численность зерноуборочных комбайнов для нижней границы зоны оптимальных агротехнических сроков составляет 3,94 шт. на 1000 га посева ($TOB = 3,94$ шт.). При этом для верхней границы зоны 3, характеризуемой нулевым уровнем потерь урожайности от осыпания, этот показатель равен 13,78 шт. ($TOA = 13,78$ шт.).

Партнеры рубрики «АПК: модернизация»:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Поволжская государственная зональная машиноиспытательная станция» (Поволжская МИС)



Некоммерческое объединение юридических лиц «Ассоциация испытателей сельскохозяйственной техники и технологий» (АИСТ). Председатель Совета В.М. Пронин.



Все материалы можно прочитать и прокомментировать на сайте WWW.SVETICH.INFO

**ГОМСЕЛЬМАШ****БРЯНСКСЕЛЬМАШ****ПАЛЕССЕ GS5****ПАЛЕССЕ GS10****ПАЛЕССЕ GS12****ПАЛЕССЕ GS812****ПАЛЕССЕ FS80****ПАЛЕССЕ FS6025****ПАЛЕССЕ FS8060****ПАЛЕССЕ K-G-6****ПАЛЕССЕ SN90**

- модельные ряды самоходных зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов и комплексов для любых условий уборки
- техника для кошения трав, жатки, подборщики и другие агрегаты
- производство, оснащенное современным технологическим оборудованием
- система стандартов менеджмента качества ISO-2009
- самые жесткие испытания новой техники в ведущих испытательных центрах
- широкая сеть дилерских и сервисных центров, высокий уровень сервиса



РЕГИОНАЛЬНЫЕ ДИЛЕРЫ

Уральский Федеральный округ:

Свердловская область, «Б-Истокское РТПС» ОАО,
тел./факс: +7 (343) 216-72-62, 216-65-29,
www.istokrtps.ru, op@istokrtps.ru

Курганская область, «ПКФ «Техника» ООО,
тел./факс: +7 (3522) 640-046,
www.pkf-technica.ru, technika45@mail.ru

Челябинская область, «ЧЕЛЯБАГРОСНАБ» ООО,
тел./факс: +7 (351) 210-19-19,
www.agrosnab74.ru, info@agrosnab74.ru

Сибирский Федеральный округ:

Кемеровская область, ТК «Сельхозтехника» ООО,
тел./факс: +7 (3842) 36-90-70, 36-91-94, 36-36-72,
www.TKSXT.ru, TKSXT@yandex.ru

Приволжский Федеральный округ:

Пермский край, «Техагроснаб» ООО,
тел./факс: +7 (342) 265-55-93, 265-96-21
tehagrosnab@agrocentr.net

РТ, Высокогорский р-н, «Татагролизинг» ОАО,
тел./факс: +7 (843) 203-85-00, 203-83-00
www.tatagrolizing.ru

Оренбургская область, ПАО «Оренбургагроснабтехсервис»,
тел./факс: +7 (3532) 37-28-00, 37-23-14, www.agrosnab56.ru

РТ, г. Казань, «АгроСельМашТорг» ООО,
тел.: +7 (967) 460-31-31
usmanovkazan@mail.ru

Самарская область, ТД «ПодшипникМаш» Самара ООО,
тел./факс: +7 (846) 342-57-96, 972-999-6
www.подшипникмашсамара.рф



Таблица 2. Зависимость удельной потребности в зерноуборочных комбайнах и их наработки от длительности периода уборки

Период уборки		Потери Ур, %	Нуд=Nс, шт.	Наработка F=1/Нуд, га
Дни	Часы			
1	12	0	0,02756*	36,3
2	24	0	0,01378	72,6 (ТОА)
3	36	0,33	0,00919	108,9
4	48	0,7	0,00689	145,2
5	60	1,2	0,00551	181,4
6	72	1,56	0,00459	217,7
7	84	2,01	0,00394	254,0 (ТОВ)
8	96	2,46	0,00344	290,3
9	108	2,92	0,00306	326,6
10	120	3,38	0,00276	362,9
11	132	3,84	0,00251	399,2
12	144	4,3	0,00230	435,5
13	156	4,8	0,00212	471,7
14	168	5,2	0,00197	507,6 (ТОС)

* рассчитано при $V_p=V_{рм}=7,2$ км/ч; $\varphi=1,5$; $V_{ж}=6$ м.

При этом уборочный парк страны к 2013 году считывал не только менее трех комбайнов на 1000 га посевов, но и состоял более чем на 70% из машин, которые уже выработали свой амортизационный ресурс.

В общем случае зерноуборочные комбайны с пропускной способностью всех классов способны убирать полях с различной урожайностью. Данные **таблицы 2**, рассчитанные по алгоритму $Nуд=Nс$, соответствуют условию, при котором комбайны работают на полях с урожайностью равной или меньшей уровня их собственной граничной урожайности.

При уборке полей с высокой урожайностью (У>Угр) все расчеты потребности в зерноуборочных комбайнах заданного класса производят по алгоритму $Nуд=Nт$. Так, для уборки поля с урожайностью 43,3 ц/га при условиях, которые соответствуют граничному переходу ТОВ ($\varphi=1,5$; $Tп=84$ ч.; $KЭ=0,7$), нормированная потребность в комбайнах СК-5М-1 «Нива-эффект», рассчитанная по формуле (6), составляет $Nуд=Nт=0,00923$ шт./га ($F=108,3$ га) против $Nуд=Nс=0,00394$ шт./га ($F=254$ га) для КЗС 14 «Palesse GS 14» с пропускной способностью 13,2 кг/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алгоритм является прямым отражением реализуемой технологии возделывания конкретной культуры, так как только в ее технологической карте указывают в явном виде предельные значения оптимальных продолжительностей выполнения всех технологических операций, в том числе и уборки урожая.

Как следует из статистических данных таблицы 1, аграрное производство развитых стран мира, перешагнув рубеж ТОА, уже более 20 лет пребывает в зоне 4, тогда как в России оно неуклонно двигалось в противоположном направлении и к настоящему времени пребывает в зоне 2.

Это обстоятельство является ключом к пониманию разительного несоответствия между величиной наработки зерноуборочного комбайна, которая рассчитана для условий граничного перехода ТОВ и нормативом его годовой наработки. Последний показатель, определенный для зерноуборочных комбайнов при максимально допустимом периоде их амортизации, оценивается на уровне 240–300 часов.

В то время как конкретная технология, реализуемая в заданные агротехнические сроки, может обеспечить годовую загрузку лишь на уровне $Tп$. В нашем примере это 84 часа (**табл. 2**). Достичь в этих условиях требуемой величины годовой наработки комбайна возможно лишь при уборке им нескольких культур, у которых сроки созревания не перекрываются между собой.

По данным государственных испытаний и наблюдений за работой новых зерноуборочных комбайнов в реальной эксплуатации установлено, что величина коэффициента использования сменного времени лежит в диапазоне 0,6–0,66.

С учетом этих данных потребная численность комбайнового парка Самарской области для уборки яровых на площади 688,3 тыс. га, вычисленная по вышеописанному алгоритму, равна 2878...3162 ед. По отчетности областной парк имеет в своем составе 3027 комбайнов. **С**

ПРОКОПЕНКО В. А.,
к.т.н., научный
консультант ФГБУ
«Поволжской МИС»,
МАШКОВ С. В., к.э.н.,
декан Инженерного
факультета
ФГБОУ ВО «Самарская
государственная
сельскохозяйственная
академия»

