

# **7. Эксплуатационные затраты при работе агрегатов**

# 7. Эксплуатационные затраты при работе агрегатов

## План лекции

1. Топливо-энергетические затраты
2. Уровень энергонасыщенности тракторов
3. Расход топлива и смазочных материалов
4. Расчет и анализ показателей расхода топлива
5. Погектарный расход топлива
6. Расход топлива на транспортных работах
7. Пути снижения топливо-энергетических затрат
8. Эксплуатационные затраты денежных средств
9. Себестоимость механизированных работ (прямые эксплуатационные затраты)
10. Затраты труда

# Топливо-энергетические затраты

**Энергозатраты** (основные понятия и классификация) - это затраты энергии на механическую работу  $A^*$ .

Кроме общих энергозатрат, в эксплуатационных расчетах применяют удельные, отнесенные к единице фактической производительности (обычно к 1 га),  $a=A/W$ .

*В зависимости от режима работы различают энергозатраты:*

- рабочего хода;
- холостого хода;
- остановочные (на остановках);
- суммарные.

*В зависимости от принимаемой в расчет мощности различают энергозатраты:*

- тяговые;
- приводные (на ВОМ);
- эффективные (на валу двигателя);
- индикаторные;
- полные (по потенциальной энергии расходуемого топлива);
- полезные (по энергозатратам трактора и по энергозатратам рабочих машин).

*Кроме того, различают энергозатраты:*

- фактические;
- номинальные (рассчитанные по номинальной мощности);
- нормативные (рассчитанные по нормативной мощности, т. е. по технически возможному (рациональному) использованию мощности).

Для тягово-приводного агрегата в энергозатратах двигателя учитывают затраты, идущие как на тягу, так и на привод рабочих органов совместно.

При необходимости их можно разделить.

Классификация и принятые обозначения энергозатрат и соответствующего расхода топлива машинно-тракторным агрегатом приведены в таблицах 1.5 и 1.6.

### 1.5. Классификация и обозначения удельных энергозатрат агрегата

Вид энергозатрат	Энергозатраты					
	фактические				номиналь- ные (сум- марные)*	норматив- ные (сум- марные)
	рабочего хода	холостого хода	остановоч- ные	суммарные		
Тяговые	$a_{тp}$	$a_{тx}$	—	$a_t$	$a_{тн}$	$a_{тнорм}$
Приводные (на ВОМ)	$a_{ВОМp}$	$a_{ВОМx}$	$a_{ВОМo}$	$a_{ВОМ}$	$a_{ВОМн}$	$a_{ВОМнорм}$
Эффективные	$a_{ep}$	$a_{ex}$	$a_{eo}$	$a_e$	$a_{en}$	$a_{enорм}$
Индикаторные	$a_{ip}$	$a_{ix}$	$a_{io}$	$a_i$	$a_{ин}$	$a_{инорм}$
Полные (топлив- ные)	$a_{топp}$	$a_{топx}$	$a_{топо}$	$a_{топ}$	$a_{топн}$	$a_{топнорм}$
Полезные (по ра- боте трактора)	$a_p$	—	—	$a_p$	$a_{пн}$	$a_{пнорм}$
Полезные (по ра- боте машин)	$a_{п.м}$	—	—	$a_{п.м}$	$a_{п.мн}$	$a_{п.мнорм}$

\* Номинальные и нормативные энергозатраты при необходимости также можно рассматривать по режимам работы.

## 1.6. Расчет сменных энергозатрат и расхода топлива

Элемент сменного времени	Энергозатраты		Расход топлива
	тяговые	эффективные	
$T_p$	$A_{T_p} = N_T T_p$	$A_{e_p} = N_e T_p$	$G_{T_p} T_p$
$T_x$	$A_{T_x} = N_{T_x} T_x$	$A_{e_x} = N_{e_x} T_x$	$G_{T_x} T_x$
$T'_o$ (при работающем двигателе)	—	$A_{e_o} = N_{e_o} T'_o$	$G_{T_o} T'_o$
$T_{см}$	$A_{T_{см}} = A_{T_p} + A_{T_x}$	$A_{e_{см}} = A_{e_p} + A_{e_x} + A_{e_o}$	$G_{T_{см}} = G_{T_p} T_p + G_{T_x} T_x + G_{T_o} T'_o$

Энергозатраты непосредственно не являются эксплуатационными затратами материальных ценностей, учитываемыми, например, в денежном выражении при определении стоимости механизированных работ. Но они обуславливают материальные затраты при эксплуатации агрегатов. Расчеты энергозатрат применяют главным образом для следующих целей: фактические энергозатраты - для определения расхода топлива, возможного износа машин, производительности агрегата и т. п.; номинальные - для определения потребного количества энергетических средств (тракторов, самоходных машин и др.); нормативные - для целей нормирования выработки и расхода топлива при работе агрегатов.



## Уровень энергонасыщенности тракторов

За исходный уровень принимаем энергонасыщенность эталонного трактора  $\mathcal{E}_{э.т.}$ .

В этом случае уровень энергонасыщенности  $Y_{э}$  любых, в том числе новых, тракторов можно определить по отношению

$$Y_{э} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{э.т.}},$$

где  $\mathcal{E}$  - энергонасыщенность рассматриваемых тракторов.

Если  $Y_{э} > 1$ , то трактор повышенной энергонасыщенности, если  $Y_{э} < 1$  - пониженной.

Близки к эталонному гусеничные тракторы тягового класса 3 - ДТ-75, Т-74, мощность двигателя которых 55 кВт (75 л.с.),  $G_M = 5,6$  т,

а энергонасыщенность составляет

$$\mathcal{E}_{э.т.} = 55 / 5,6 \approx 9,8 \text{ кВт/т.}$$

Эту или близкую к ней величину 10 кВт/т и можно принять в качестве эталонной энергонасыщенности для гусеничных тракторов и по отношению к ней определять уровень энергонасыщенности новых тракторов.

Для колесных тракторов в качестве  $\mathcal{E}_{э.т}$  принята энергонасыщенность наиболее распространенного тягового класса 1,4 трактора МТЗ-50, которая составляет  $\mathcal{E}_{э.т} = 36,8 / 2,9 \approx 12,5$  кВт/т.

Этой же величине соответствует приближенно и энергонасыщенность колесного трактора К-700 тягового класса 5:  $\mathcal{E}_{э.т} = 148/12 \approx 12,5$  кВт/т.

**Соответственно тракторы** указанных классов тяги, например МТЗ-80, МТЗ-82 и К-701 ( $\mathcal{E}_{э.т} = 17...19$  кВт/т) или гусеничные Т-150 ( $\mathcal{E}_{э.т} = 15$  кВт/т), **следует считать повышенной энергонасыщенности** ( $Y_э = 1,4...1,5$ ).

# Расход топлива и смазочных материалов

В расчетах по ЭМТП различают расход топлива:

*а) часовой (по режимам работы)  $G_T$  (кг/ч):*

- на рабочем режиме  $G_{тр}$ ;
- на холостом ходу  $G_{тх}$ ;
- на остановках  $G_{то}$ ;
- на номинальном режиме  $G_{тн}$  (см. рис. 1.10).

*б) сменный  $G_{тсм}$  (кг/смена), определяемый по продолжительности работы и часовому расходу на каждом режиме,*

$$G_{тсм} = G_{тр} T_p + G_{тх} T_x + G_{то} T_o \text{ (см. табл. 1.6);}$$

***в) удельный (по режимам работы)***

- на единицу мощности двигателя

$$g_e = 10^3 G_T / N_e \text{ (г/Вт-ч)}$$

- на единицу тяговой мощности

$$g_T = G_T / N_T \text{ (кг/Вт-ч)}.$$

***г) погектарный***  $g_{га} = G_{тсм} / W_{см} \text{ (кг/га)}.$

Иногда определяют удельные расходы топлива, отнесенные к единице произведенной или обработанной продукции (кг/т), к единице затраченных средств (кг/руб) и др.

В ряде случаев, например при эксплуатации автомобилей, расход топлива и смазочных материалов учитывают не в единицах массы (кг), а в единицах объема - литрах (л).

## Расчет и анализ показателей расхода топлива

Удельные расходы топлива  $g_e$  и  $g_m$  зависят не только от конструкции трактора (двигателя), но в значительной мере от режима работы, определяемого степенью использования (загрузки) мощности.

На рисунке 1.34 показан характер изменения  $g_e$  в зависимости от  $\xi_{Ne}$  ( $\xi_{Ne}=1,0$  при  $g_e=100\%$ ). В дизелях удельный расход топлива при неполном использовании мощности повышается не столь значительно, как в карбюраторных двигателях.

Следовательно, у тракторов с дизелями более выгодно, чем у тракторов с карбюраторными двигателями повышать мощность (энергонасыщенность).



Рис. 1.34. Характер изменения удельного расхода топлива в зависимости от степени загрузки двигателя.

## Погектарный расход топлива

Расход топлива на единицу обрабатываемой площади (погектарный расход, кг/га) определяется:

$$g_{\text{га}} = \frac{G_{\text{тсм}}}{W_{\text{см}}} = \frac{G_{\text{тр}} \cdot T_{\text{р}} + G_{\text{тх}} \cdot T_{\text{х}} + G_{\text{то}} \cdot T_{\text{о}}}{W_{\text{см}}}$$

где  $G_{\text{тр}}$ ,  $G_{\text{тх}}$ ,  $G_{\text{то}}$  - средний часовой расход топлива соответственно при рабочем ходе, на холостых поворотах и переездах, во время остановок агрегата с работающим двигателем, кг/ч (см. табл. прил.24);

$T_{\text{р}}$  - чистое (основное) рабочее время, ч;  $T_{\text{р}} = T_{\text{см}} \tau$

$T_{\text{х}}$  - продолжительность движения агрегата на холостом ходу, ч;

$$T_{\text{х}} = T_{\text{см}} - T_{\text{р}} - T_{\text{о}}$$

$T_{\text{о}}$  - продолжительность работы двигателя при остановках агрегата, ч.

$$T_{\text{о}} = T_{\text{о}}' + T_{\text{о}}''$$

Значения  $T_{\text{о}}'$  и  $T_{\text{о}}''$  определяются по таблице 22 приложения.

$\tau$  - коэффициент использования времени смены,

(прил. В, табл.27)

**Таблица 24. Часовой расход топлива при различных режимах работы трактора, кг/ч**

Марка трактора	Работа трактора под нагрузкой**	Работа на холостом ходу		На остановках с работающим двигателем
		трактора*	агрегата	
Т-25А	3,6 - 4,8	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0	0,8
Т-40АМ	5,0 - 7,6	3,2 - 4,2	3,5 - 5,0	1,0
ЛТЗ-60А	5,3 - 7,4	3,3 - 4,1	3,6 - 5,2	1,1
ЮМЗ-6АКМ	8,5 - 11,6	3,3 - 4,5	4,2 - 6,5	1,3
МТЗ-80.1/82.1	11,8 - 14,2	5,0 - 7,0	5,5 - 8,5	1,4
Т-150К	25,0 - 30,0	10,0 - 13,5	11,5 - 17,0	2,5
ДТ-75ДС	15,2 - 17,5	6,5 - 8,7	7,5 - 10,0	1,9
Т-150	22,0 - 26,5	10,2 - 12,0	10,5 - 14,0	2,5
Т-4А	17,0 - 23,4	8,2 - 10,5	9,5 - 13,0	2,5
К-701	32,0 - 51,0	16,0 - 27,0	19,0 - 30,0	3,5
К-744Р	30,6 - 48,4	14,0 - 26,0	18,0 - 8,0	3,3

\* - первые числа для низших передач, вторые - для высших;

\*\* - первые числа соответствуют нагрузке 80-85% от  $N_{ТН}$ , вторые - 100%  $N_{ТН}$ .



Таблица 22. Продолжительность работы двигателя при остановках агрегата, ч.

Вид работы	Простои из расчета на 1 ч чистой работы, $T_o'$ :		Простои при технологическом обслуживании в течении смены $T_o''$
	при техническом обслуживании	при отдыхе механизатора	
Вспашка	$\frac{0,04^*}{0,06}$	$\frac{0,04 - 0,05^{**}}{0,04 - 0,07^{**}}$	$\frac{0,15}{0,2}$
Боронование			
<u>Дискование</u>			
Междурядная обработка	$\frac{0,035^*}{0,05}$	$\frac{0,035 - 0,04^{**}}{0,034 - 0,06^{**}}$	$\frac{0,14}{0,18}$
Лушение	$\frac{0,04^*}{0,06}$	$\frac{0,04 - 0,05^{**}}{0,04 - 0,07^{**}}$	$\frac{0,15}{0,2}$
Культивация			
Уборка зерновых	$\frac{0,05^*}{0,07}$	$\frac{0,05 - 0,06^{**}}{0,05 - 0,08^{**}}$	$\frac{0,16}{0,21}$

Таблица 22. Продолжительность работы двигателя при остановках агрегата, ч.

Вид работы	Простои из расчета на 1 ч чистой работы, $T_o'$ :		Простои при технологическом обслуживании в течении смены $T_o''$
	при техническом обслуживании	при отдыхе механизатора	
Вспашка	$\frac{0,04^*}{0,06}$	$\frac{0,04 - 0,05^{**}}{0,04 - 0,07^{**}}$	$\frac{0,15}{0,2}$
Боронование			
<u>Дискование</u>			
Междурядная обработка	$\frac{0,035^*}{0,05}$	$\frac{0,035 - 0,04^{**}}{0,034 - 0,06^{**}}$	$\frac{0,14}{0,18}$
Лущение	$\frac{0,04^*}{0,06}$	$\frac{0,04 - 0,05^{**}}{0,04 - 0,07^{**}}$	$\frac{0,15}{0,2}$
Культивация			
Уборка зерновых	$\frac{0,05^*}{0,07}$	$\frac{0,05 - 0,06^{**}}{0,05 - 0,08^{**}}$	$\frac{0,16}{0,21}$

\* - для тракторов класса тяги до 20 кН (в числителе),

для тракторов класса тяги 30 кН и более (в знаменателе);

\*\* - меньшее значение для работы с прицепными машинами и при скорости движения менее 6 км/ч, большее значение для работы с навесными машинами и при скорости более 6 км

# Таблица 27. Коэффициент использования времени смены, $\tau$

Вид операции	Тип трактора	Значения $\tau$ при длине гона, м						
		200	300	400	500	1000	1500	2000
Вспашка	колёсный	0,64	0,70	0,76	0,80	0,81	0,88	0,90
	гусеничный	0,61	0,68	0,75	0,78	0,81	0,84	0,85
Культивация, лущение, боронование	колёсный	0,67	0,72	0,77	0,81	0,84	0,87	0,89
	гусеничный	0,71	0,73	0,76	0,80	0,82	0,84	0,86
Посев зерновых	колёсный	0,64	0,68	0,73	0,78	0,82	0,85	0,86
	гусеничный	0,68	0,69	0,74	0,78	0,8	0,88	0,89
Внесение удобрений	гусеничный	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78
	колесный	0,62	0,64	0,65	0,70	0,75	0,73	0,75
Посадка	колёсный	0,62	0,66	0,71	0,76	0,80	0,82	0,84
	гусеничный	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78
Уборка зерновых культур	гусеничный	0,68	0,69	0,74	0,78	0,8	0,88	0,89
	колёсный	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81	0,82

## **Расход топлива на транспортных работах**

*Расход топлива на единицу выполненной работы в тоннах (т)  $g_{тн}$  или тонно-километрах (т·км)  $g_{ткм}$  определяют,* исходя из установленных норм, рассчитанных на смену или на рейс. При этом отдельно учитывают расход топлива на транспортный агрегат и на погрузчик и разгрузчик, участвующие в транспортном процессе.

*Расход топлива за смену на тракторные транспортные агрегаты, в том числе и на тракторные погрузчики и разгрузчики, рассчитывают, так же как и на тракторные полевые агрегаты, по нормам часового расхода топлива и продолжительности работы по режимам: рабочего хода ( $G_{тр}, T_p$ ), холостого хода ( $G_{тх}, T_x$ ) и остановочного режима ( $G_{то}, T_o$ ).*

## *Расход топлива для автомобилей (норма)*

складывается из расхода:

- на пробег  $g_{\text{км н}}$  (норма дается в литрах на 100 км пробега);
- на транспортную работу  $g_{\text{ткм н}}$  (норма дается в литрах на 100 ткм);
- на каждую езду с грузом  $g_{\text{езд н}}$  (затраты на остановки при погрузке и разгрузке, при подъезде и отъезде от мест погрузки и разгрузки и т. п.);
- на работу в тяжелых дорожных условиях, в зимнее время, в случае работы с автоприцепами и другие  $g_{\text{доп н}}$  (дополнительные затраты).

Таким образом, расчетный (нормативный) расход топлива за смену для автомобилей определяют по фактическому пробегу и перевезенному грузу следующим образом:

$$G_{\text{Тсм}} = g_{\text{кмн}} \Sigma L_{\text{общ}} / 100 + \Sigma Q_{\text{ткм}} / 100 + g_{\text{ездн}} n_{\text{рейс}} + g_{\text{допн}}$$

Для бортовых автомобилей и автопоездов, работающих на расстояниях более 5 км, принимают  $g_{\text{ездн}} = 0$ ; при бо́льших расстояниях  $g_{\text{ездн}} = 0,3 \text{ л}$ .

Для автомобилей и автопоездов с самосвальными кузовами считают

$$g_{\text{ткмн}} = 0.$$

Для грузовых автомобилей, выполняющих работу, не учитываемую в тоннах и тонно-километрах, нормы устанавливают только на пробег, но

Расход смазочных масел на тракторные работы, как правило, устанавливают в процентном отношении к расходу основного топлива и потому в практической работе отдельно не рассчитывают.

Средний эксплуатационный расход масла для дизелей составляет обычно 4...6% от расхода топлива, при этом угар масла не должен превышать 0,8%. Если угар достигает 3%, двигатель следует направить в ремонт.

Нормативы расхода смазочных материалов, например для картера, можно рассчитать исходя из сроков службы масла и вместимости смазочной системы. При этом нужно учитывать также и предусмотренные правилами технического обслуживания доливы.

## Пути снижения топливно-энергетических затрат

заключаются в следующем. Необходимо:

- применять энергосберегающие технологии и мероприятия, снижающие удельные сопротивления агрегата (энергоемкость процесса);
- увеличивать среднесменный, энергетический и условный к.п. д. агрегата (трактора) благодаря лучшему использованию времени смены, мощности двигателя и другим мерам, повышающим производительность;
- регулировать топливную аппаратуру и поддерживать ее в технически исправном состоянии, при котором часовой и удельные расходы топлива (главным образом  $G_{тp}$  и  $g_{ep}$ ) оптимальные;
- маневрировать скоростным режимом работы двигателя и трактора в зависимости от условий работы;
- устранять неоправданные потери топлива при его транспортировке, хранении и заправке.



## **Эксплуатационные затраты денежных средств**

В эксплуатационных расчетах применяют главным образом прямые и приведенные эксплуатационные затраты.

Прямые эксплуатационные затраты — это затраты денежных средств, обусловленные непосредственно выполняемой работой.

Прямые эксплуатационные затраты (удельные) могут относиться к единице продукции или (для механизированных работ) к единице наработки (производительности), к одной машине или ко всем машинам, участвующим в данном процессе.

**Себестоимость механизированных работ (прямые эксплуатационные затраты)** определяется затратами денежных средств на амортизационные отчисления, текущий ремонт и технической обслуживание, включая хранение, затратами на основное, пусковое топливо и смазочные материалы; затратами на заработную плату механизаторам и вспомогательным рабочим, обслуживающим агрегат, приходящимися на единицу работы (в руб. на 1 га).

$$S_{\text{га}} = S_{\text{а}} + S_{\text{рто}} + S_{\text{тсм}} + S_{\text{з}} + S_{\text{в}},$$

где  $S_{\text{а}}$  - сумма амортизационных отчислений по всем элементам агрегата (трактор, с.-х. машины, сцепка), руб. / га;

$S_{\text{рто}}$  – сумма отчислений на текущий ремонт и ТО по всем элементам агрегата, руб. / га,

$S_{\text{тсм}}$  - затраты на основное, пусковое топливо и смазочные материалы, руб. / га;

$S_{\text{з}}$  - затраты на заработную плату механизаторам и вспомогательным рабочим, обслуживающим агрегат, руб. / га;

$S_{\text{в}}$  - прочие вспомогательные расходы, руб./ га

Величину амортизационных отчислений определяют по формуле

$$S_a = \frac{1}{100W_{\text{ч}}} \left( \frac{B_m \cdot a_m}{T_{\text{зм}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot a_{\text{м}}}{T_{\text{зм}}} + \dots + \frac{B_c \cdot a_c}{T_{\text{зс}}} \right),$$

где  $B_T, B_M, \dots, B_C$  - балансовые стоимости трактора, с.-х. машин и сцепки, входящих в агрегат, руб. (см. прил. табл.6;7;8;9;18);

$a_T, a_M, \dots, a_C$  - нормы годовых амортизационных отчислений тракторов, с.-х. машины и сцепки, в % к балансовой стоимости (см. прил. В, табл.22);

$T_{\text{гт}}, T_{\text{гм}}, \dots, T_{\text{гс}}$  - годовая загрузка трактора, с.-х. машин и сцепки, ч (см прил. табл. 23);

$W_{\text{ч}}$  - часовая производительность агрегата, ч.

$$W_{\text{ч}} = \frac{W_{\text{см}}}{T_{\text{см}}}, \text{ га/см}.$$

Размер отчислений на текущий ремонт и ТО определяется по формуле:

$$S_{\text{рто}} = \frac{1}{100W_{\text{ч}}} \left( \frac{B_{\text{т}} \cdot a_{\text{ртог}}}{T_{\text{гт}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot a_{\text{ртом}}}{T_{\text{гм}}} + \dots + \frac{B_{\text{с}} \cdot a_{\text{ртос}}}{T_{\text{гс}}} \right), \quad (48)$$

где  $a_{\text{ртог}}$ ,  $a_{\text{ртом}}$ , ...,  $a_{\text{ртос}}$  - нормы отчислений на текущий ремонт и ТО в % к балансовой стоимости (см. прил. табл. 23).

Затраты на топливо и смазочные материалы определяются:

$$S_{\text{тсм}} = g_{\text{га}} \cdot C_{\text{т}} \quad (49)$$

где  $C_{\text{т}}$  - комплексная цена топлива, руб/кг (см. прил. табл.25);

$g_{\text{га}}$  - погектарный расход топлива, кг/га, (41).



Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$S_3 = \frac{\delta_H (m_1 Z_1 + m_2 Z_2 + \dots + m_n Z_n)}{W_{\text{см}}},$$

где  $\delta_H$  - коэффициент, учитывающий начисления на зарплату ( $\delta_H = 1,094$ );

$m_1, m_2, \dots, m_n$  - количество обслуживающего агрегат персонала каждой квалификации (тракторист, помощник тракториста, грузчик и т.д.);

$Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  - тарифные ставки за сменную норму наработки (выработки), руб. (см. прил. табл.26).

Прочие вспомогательные затраты:

$$S_B \approx 0,05(S_a + S_{\text{пто}} + S_{\text{тсм}} + S_3)$$

## Затраты труда

Затраты труда - количество труда, затрачиваемое обслуживающим агрегат персоналом на выполнение единицы работы определяются по формуле:

$$H = \frac{m}{W_{\text{ч}}}, \text{ чел./га},$$

где  $m$  - количество персонала, обслуживающего агрегат, включая тракториста.