

Лекция № 3.1
Комплектование
машинно-тракторных
агрегатов
(Общие требования.
Тяговые МТА)

В О П Р О С Ы

- 1. Требования, предъявляемые к комплектованию МТА.***
- 2. Расчет состава и выбор режимов работы тяговых агрегатов.***
- 3. Расчет состава и выбор режимов работы пахотных агрегатов.***

Понятие «Комплектование МТА»

Вопрос 1

1. Обоснование рационального состава агрегатов :

сбор и обобщение исходных данных,

подбор трактора и рабочих машин (машины) в агрегат;

2. Обоснование рационального режима работы:

выбор рабочих передач (основной и резервных),

определение параметров скоростного режима работы

определение энергетических показателей МТА.

3. Составление агрегата в натуре:

подготовка трактора и рабочей машины (машин),

соединение трактора с рабочей машиной (машинами)

технологическая настройка МТА

Постановка задачи комплектования МТА

Прямая задача:

для конкретного трактора подобрать рабочую машину (n-ое количество машин) и принять его режим работы таким образом, чтобы МТА отвечал требованиям рациональности

Обратная задача:

для данной конкретной с/х машины подобрать трактор и режим его работы таким образом, чтобы МТА отвечал требованиям рациональности

Требования, предъявляемые к комплектованию МТА

1

агротехнические (качественные показатели обработки и возможные отклонения от них, допустимые потери, повреждения и др.);

2

технические (допустимые скорости движения машин, пропускная способность, маневренность агрегата, эксплуатационная надежность и др.)

3

экономические (высокая производительность и минимальные затраты труда и денежных средств на выполнение работы)

4

эргономические и удобство обслуживания
(управления, технического и технологического
обслуживания агрегата)

5

безопасность работы (нормальные условия труда
обслуживающего персонала, допустимый уровень
шума и вибраций, соблюдение требований охраны
труда и т. д.)

6

экологические (обеспечение минимально
возможного вредного воздействия на окружающую
среду)

Технический подход – применяется в эксплуатационной практике

$$1 + 2 = \text{рациональность комплектования}$$

Коэффициент использования номинального тягового усилия

A

$$\eta_u = \frac{R_a}{P_{крн} - G_{тр} \frac{i}{100}}$$

Коэффициент использования номинального тягового усилия - в оптимальном интервале , примерно 0,92...0,96, и максимальный из возможных в диапазоне агротехнически допустимых скоростей движения;

$\eta_u \rightarrow \max$

Коэффициент использования максимальной тяговой мощности

Б

$$\eta_{им} = \eta_{и} \frac{v_p}{v_{рн}}$$

Коэффициент использования максимальной тяговой мощности больше, чем $\eta_{и}$, то есть требуется выполнение условия

$$\eta_{и} < \eta_{им};$$

В

Тяговый к.п.д. трактора

$$N_{кр} = \frac{R_a v_p}{3,6}$$

$$\eta_{m \max} = \frac{N_{кр \max}}{N_{ен}}$$

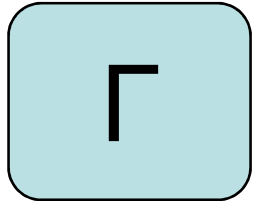
$$\eta_m = \frac{N_{кр}}{N_{ен}}$$

$$N_e = \frac{R_a + G_{тр} \left(f_{тр} + \frac{i}{100} \right)}{3,6 \eta_{тр} \eta_{\delta}} v_p$$

Тяговый к.п.д. трактора, не превышающий своего максимального значения, но близкий к нему, т.е.

$$\eta_{\tau} < \eta_{\tau \max}, \quad \eta_{\tau} \approx (0,92 \dots 0,96) \eta_{\tau \max}$$

Коэффициент загрузки двигателя трактора по МОЩНОСТИ



$$\eta_N = \frac{N_e}{N_{eH}}$$

Коэффициент загрузки двигателя трактора не превышает максимального значения (примерно 0,97) и в то же время стремящийся к нему, т.е.

$$\eta_N \leq 0,97, \quad \eta_N \rightarrow \max$$

Замечания

Наиболее экономичный режим работы трактора обычно соответствует тем передачам, для которых тяговая мощность имеет наибольшее значение.

Эти передачи следует выбирать рабочими

Замечания

**Недогрузка двигателя по мощности
вызывает снижение топливной
экономичности МТА в целом**

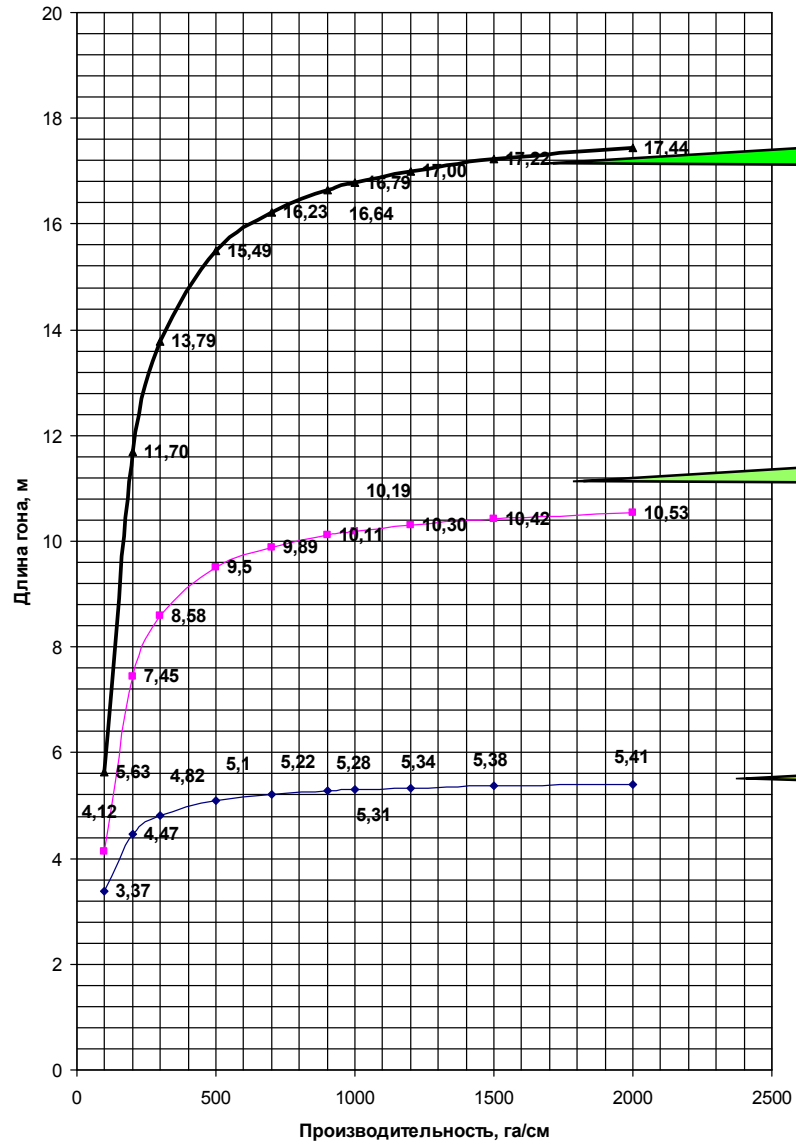
Замечания

Чрезмерная загрузка трактора по силе тяги приводит к снижению частоты вращения коленчатого вала двигателя и к частым переключениям на более низкую передачу, вследствие чего уменьшается средняя рабочая скорость, а в итоге и производительность машинно-тракторного агрегата

Технико-экономический подход – позволяет выбрать один из нескольких рационально скомплектованных агрегатов

$$1 + 2 + 3 = \text{Технически и экономически обоснованный состав МТА и режим работы}$$

Зависимость производительности пахотных агрегатов от ширины захвата и длины гона



Для класса тяги 4, 5

Для класса тяги 2,3

Для класса тяги 1,4

1. Сбор, анализ и обобщение исходных данных

1.1. Условия работы:

агрофон;

рельеф, характеризуется уклоном в направлении движения – i ;

конфигурация участка и длина гона;

наименование технологической операции и диапазон агротехнически допустимых скоростей, км/ч – $[V_{\text{арmin}}; V_{\text{арmax}}]$;

Прямая задача

1.2 Исходные данные по трактору:

марка;

вес трактора, кН – $G_{тр}$;

номинальная мощность двигателя, кВт – $N_{ен}$;

коэффициент сопротивления качению в заданных условиях – $f_{тр}$;

тяговая характеристика на данном агрофоне.

Тяговая характеристика Беларус-820 (агрофон стерня)

Режим эксплуатации	Показатели	Передача						
		2	3	4	5	6	7	8
$P_{кр=0}$	v_x , км/ч	4,0	7,7	9,7	11,6	13,65	16,55	20,0
	$G_{тх}$, кг/ч	4,4	4,8	5,4	5,8	6,2	6,5	6,8
$P_{крн}$	$P_{крн}$, кН	21,1	17,9	15,0	13,1	11,0	9,7	7,65
	$N_{крмаx}$, кВт	19,8	30,8	33,3	33,8	34,0	33,4	32,2
	$v_{рн}$, км/ч	3,4	6,2	8,0	9,3	11,2	12,4	15,0
	δ , %	29,5	20,5	14,5	12,6	10,4	9,2	7,4
	$G_{тн}$, кг/ч	9,3	13,6	14,5	14,1	14,1	13,1	12,8

1.3. Исходные данные по сельскохозяйственной машине (машинам):

способ агрегатирования – (прицепная или навесная)

ширина захвата, м – b_m ;

Типоразмерный ряд - $b_{m1} \dots b_{mн}$

вес машины, кН – G_m ;

погонный вес $g_m = G_m / b_m$

коэффициент сопротивления качению – f_m (для прицепной);

коэффициент догрузки ведущих колес трактора – λ (для навесной);

удельное сопротивление при скорости движения $v_0 = 5$ км/ч, кН/м – k_0 ;

темп роста удельного сопротивления при увеличении скорости на 1 км/ч свыше v_0 , % - Δc .

1.4. Анализ исходных данных

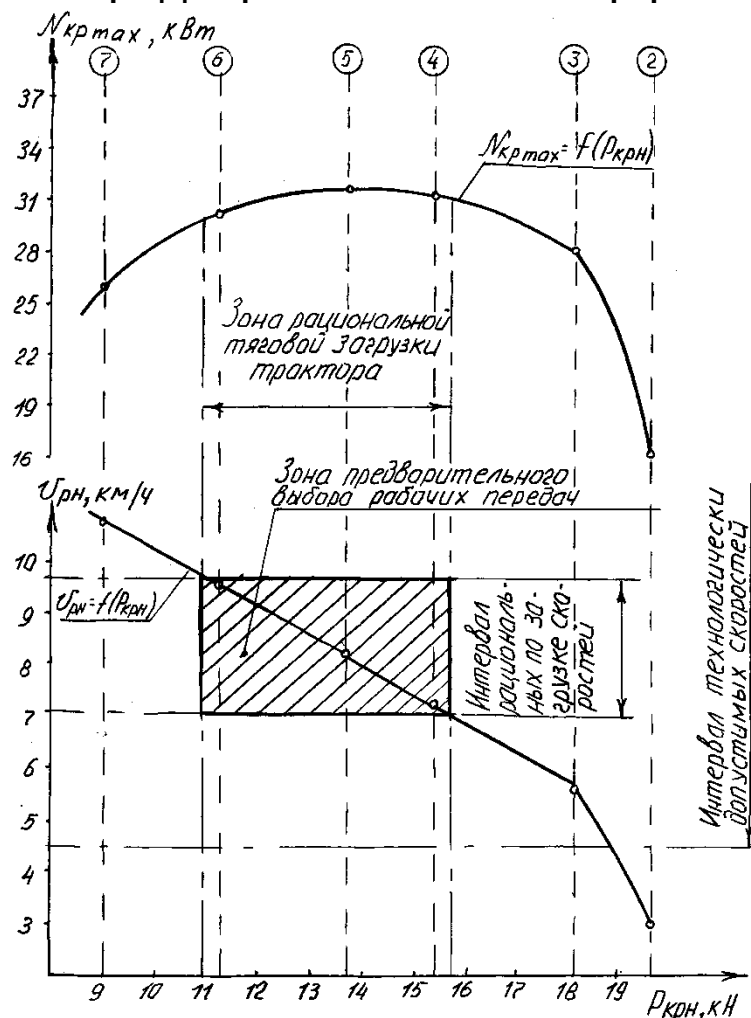
Проанализировать возможность составления агрегата из машин заданной марки при помощи сцепки.

Если такая возможность предполагается, то в исходные данные вводятся погонный вес сцепки (вес одного метра ширины захвата сцепки) из интервала $q_{\text{сц}}=0,4 \dots 0,7$ кН/м и коэффициент сопротивления качению сцепки - $f_{\text{сц}}$.

Если такая возможность отсутствует, то к рассмотрению принимается типоразмерный ряд машин (с различной шириной захвата), выполняющих ту же технологическую операцию.

2. Расчет состава и выбор режима работы МТА.

2.1. Предварительный выбор рабочих передач трактора.



Потенциальная тяговая характеристика трактора «Беларус 82.1»

Выбирается не менее 2 передач трактора в диапазоне агротехнически допустимых скоростей,

первая — соответствует наибольшему значению максимальной тяговой мощности;

вторая — ближайшая к первой по максимальной тяговой мощности

2.2. Для каждой из принятых к расчету передач определяется

удельное тяговое сопротивление машины при скорости $v_{рн}$:

$$k = k_0 [1 + (v_{рн} - v_0) \Delta c / 100],$$

если сельскохозяйственная машина – навесная, то

$$k = (0,8 \dots 0,85) \cdot k_0 [1 + (v_{рн} - v_0) \Delta c / 100].$$

предельная (максимально возможная по силе тяги трактора) ширина захвата агрегата

$$B_{\max} = \frac{P_{крн} - G_{тр} \frac{i}{100}}{k + g_M \frac{i}{100} + g_{сц} (f_{сц} + \frac{i}{100})}$$

$$B_{\max} = \frac{P_{крн} - G_{тр} \frac{i}{100}}{k + g_M (\lambda f_{тр} + \frac{i}{100})}$$

$$B_{\max} = \frac{P_{крн} - G_{тр} \frac{i}{100}}{k + g_M \frac{i}{100}}$$

$$B_{\max} = \frac{P_{крн} - G_{тр} \frac{i}{100}}{k + (g_M + g_{сц}) (\lambda f_{тр} + \frac{i}{100})}$$

2.3. Для каждой из принятых к расчету передач определяется:

в случае, если агрегат составлен при помощи сцепки:

- количество машин - по формуле

$$n_m = V_{max} / b_m, \text{ с округлением до меньшего целого;}$$

- фронт сцепки

$$b_{сц} = b_m(n_m - 1)$$

- принимается существующая сцепка с ближайшим меньшим фронтом и весом $G_{сц}$, либо проектируется и изготавливается сцепка с фронтом $b_{сц}$, для которой также определяется вес.

в случае, когда применение сцепки не предполагалось

при постановке задачи комплектования, из

типоразмерного ряда машин аналогичного

назначения выбирается та, которая имеет

ближайшую меньшую к V_{max} конструктивную ширину

захвата V_m .

**2.4. Тяговое сопротивление агрегата для каждой
из принятых к расчету передач определяется
зависимостям**

$$R_a = n_M b_M \left(k + g_M \frac{i}{100} \right) + G_{сц} \left(f_{сц} + \frac{i}{100} \right)$$

$$R_a = n_M b_M k + (G_{сц} + n_M G_M) \left(\lambda f_{тр} + \frac{i}{100} \right)$$

$$R_a = B_M k + G_M \left(\lambda f_{тр} + \frac{i}{100} \right)$$

$$R_a = B_M k + G_M \frac{i}{100}$$

2.5. Для каждой из принятых к расчету передач определяется коэффициент использования номинального тягового усилия трактора по формуле

$$\eta_{\text{ир}} = \frac{R_a}{P_{\text{крн}} - G_{\text{тр}} \frac{i}{100}}$$

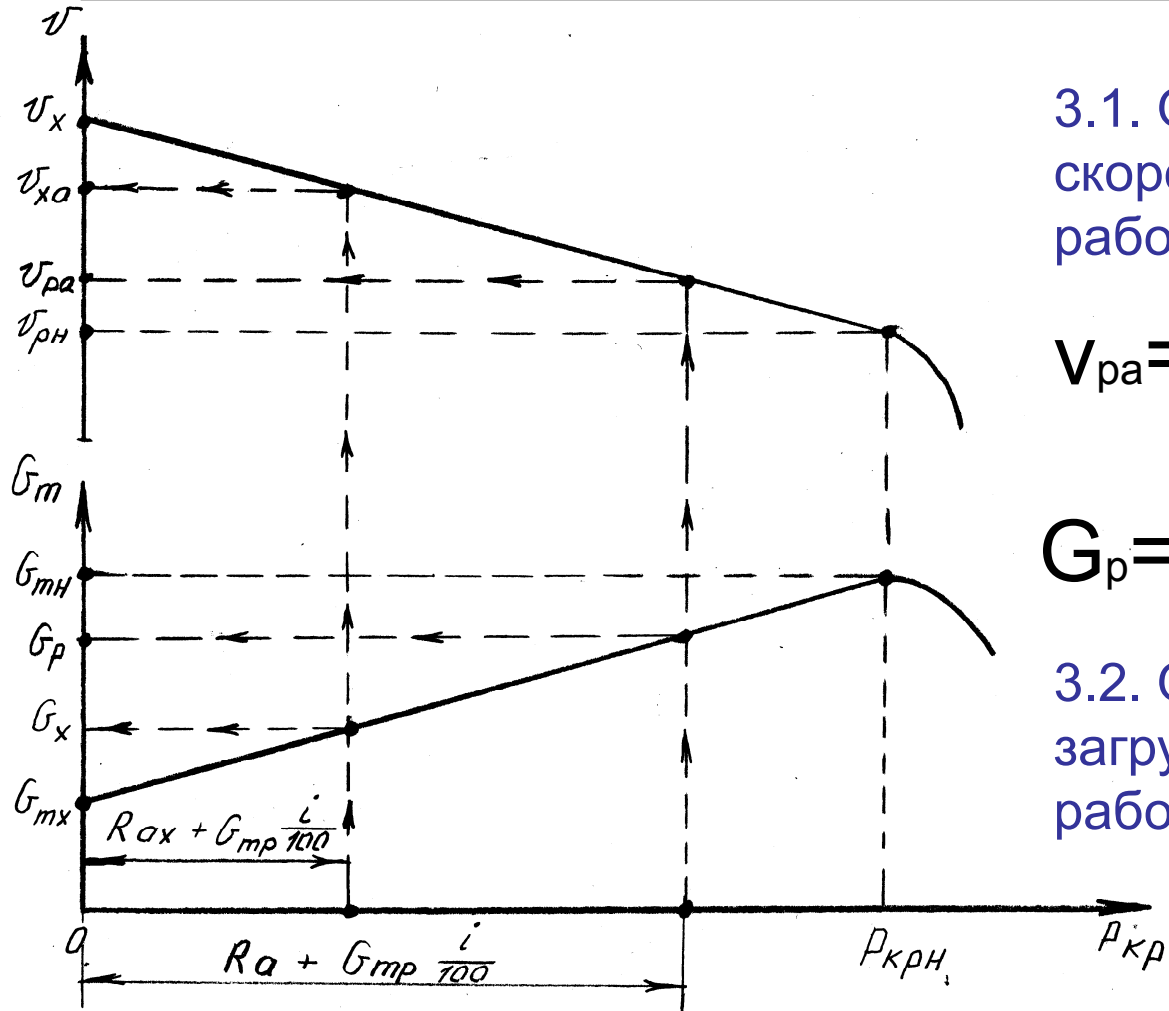
производится анализ полученных значений:

те варианты комплектования, для которых $\eta_u > 1$, исключаются, т.к. тягового усилия на передаче недостаточно;

из оставшихся вариантов принимается тот, для которого $\eta_u \rightarrow \text{max}$, но не более 0,97 (это выбран состав агрегата)

указывается соответствующая передача (это выбран рабочий режим агрегата)

3. Расчет параметров рабочего режима (проводится для выбранного состава агрегата и конкретной передачи)

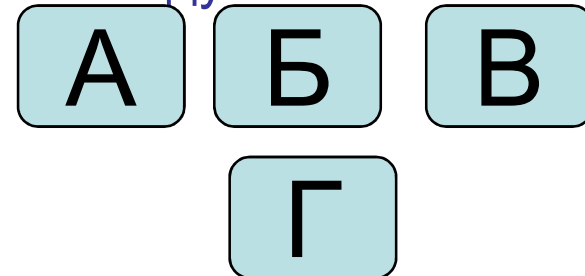


3.1. Определение рабочей скорости и расхода топлива на рабочем ходу

$$v_{ра} = v_x - \eta_{ир} (v_x - v_{рн})$$

$$G_p = G_x + \eta_{ир} (G_{тн} - G_{тх})$$

3.2. Определение показателей загрузки трактора в агрегате на рабочем ходу



4. Расчет параметров режима холостого хода
(проводится для выбранного состава агрегата
при его движении на поворотной полосе)

4.1. Расчет сопротивления агрегата на холостом ходу (поворот в конце гона) производится по формулам


$$R_{ax} = n_M G_M f_M + G_{сц} \left(f_{сц} + \frac{i}{100} \right)$$

$$R_{ax} = (G_{сц} + n_M G_M) \left(f_{тр} + \frac{i}{100} \right)$$

$$R_{ax} = G_M \left(f_{тр} + \frac{i}{100} \right)$$

$$R_{ax} = G_M \left(f_M + \frac{i}{100} \right)$$

4.2. Определение скорости и расхода топлива на холостом ходу

$$\eta_{\text{их}} = \frac{R_{\text{ax}}}{P_{\text{крн}} - G_{\text{тр}} \frac{i}{100}} \quad v_{\text{ха}} = v_{\text{x}} - \eta_{\text{их}} (v_{\text{x}} - v_{\text{рн}})$$


Если $v_{\text{ха}} < 7$ км/ч, то принять ее и перейти к расчету следующих показателей

Если $v_{\text{ха}} > 7$ км/ч, то следует перейти на низшую передачу, которую определить с помощью тяговой характеристики (по скорости трактора на холостом ходу ближайшей больше к 7 км/ч) и для этой передачи рассчитать коэффициент $\eta_{\text{их}}$ и скорость


$$G_{\text{x}} = G_{\text{тх}} + \eta_{\text{их}} (G_{\text{тн}} - G_{\text{тх}})$$

4.3. Определение показателей загрузки трактора в агрегате на холостом ходу

А

Б

В

Г

5. Итоговые результаты комплектования
представляются в виде таблицы

См. следующий слайд



Показатели и параметры	Значение показателей
Состав МТА	
Рабочий режим:	
– передача	
– скорость, км/ч	
– расход топлива, кг/ч	
– коэффициент использования номинального тягового усилия $\eta_{ир}$	
– коэффициент использования максимальной тяговой мощности $\eta_{имр}$	
– коэффициент использования номинальной мощности двигателя $\eta_{Nр}$	
– тяговый к.п.д. $\eta_{тр}$	
– отношение $\eta_{тр} / \eta_{т max}$	
Режим холостого хода:	
– передача	
– скорость, км/ч	
– расход топлива, кг/ч	
– коэффициент использования номинального тягового усилия $\eta_{их}$	
– коэффициент использования максимальной тяговой мощности $\eta_{имх}$	
– коэффициент использования номинальной мощности двигателя $\eta_{Nх}$	
– тяговый к.п.д. $\eta_{тх}$	
– отношение $\eta_{тх} / \eta_{т max}$	

Обратная задача (подобрать трактор к конкретной сельскохозяйственной машине)

1. Сбор и обобщение исходных данных

1.1. Условия выполнения операции

агрофон,

уклон i

удельное тяговое сопротивление – k_0

темп роста удельного тягового сопротивления Δ_c

агротехнически допустимая максимальная скорость V_{agrmax} .

1.2. Данные по сельскохозяйственной машине

Способ агрегатирования

Ширина захвата B_k

Масса (вес) G_m

1.3. Данные по трактору (только для навесного агрегатирования)

Коэффициент сопротивления передвижению $f_{тр}$

Коэффициент догрузки ведущих колес трактора весом машины λ

Комплект тяговых характеристик группы тракторов рекомендуемого тягового класса

2. Рассчитать рабочее тяговое сопротивление агрегата при максимальной агротехнически допустимой скорости

2.1. Уточнить удельное тяговое сопротивление $k=(0,8...0,85) \cdot k_0 [1+(v_{\text{агрmax}} - v_0)\Delta c/100]$ – например для простого навесного

2.2. Выполнить расчет рабочего сопротивления по известной формуле

$$R_a = k B_k + G_M \left(\lambda f_{\text{тр}} + \frac{i}{100} \right)$$

– например для простого навесного.

3. Определить требуемое значение номинального тягового усилия трактора при нормативной загрузке.

3.1. Принять значение $\eta_{\text{инорм}}$ по рекомендациям

3.2. Рассчитать требуемое номинальное тяговое усилие трактора по формуле

$$P_{\text{крнтреб}} = R_a / \eta_{\text{инорм}}$$

4. Выполнить анализ комплекта тяговых характеристик тракторов и предварительно принять несколько вариантов (марка трактора, передача), пользуясь рекомендациями:

1. $P_{\text{крн}} \geq P_{\text{крнтреб}}$

2. $V_{\text{рн}} \leq V_{\text{агрмах}}$

3. $N_{\text{крмах}}$ близка к максимуму.

Условия 1 и 2 соблюдаются жестко, условие 3 - рекомендательное

5. Для каждого варианта рассчитать:

удельное тяговое сопротивление на скорости $V_{рн}$.

рабочее тяговое сопротивление R_a .

коэффициент использования номинального тягового усилия η_i .

рабочую скорость V_p

6. Выполнить анализ полученных результатов и выбрать тот вариант, для которого η_i – наибольший, но не превышающий $\eta_{инорм}$, а скорость не превышает $V_{агрmax}$

7. Рассчитать режимные параметры и определить показатели загрузки трактора для режимов рабочего и холостого хода.

Особенности комплектования пахотного агрегата

Вопрос 3

1. Удельное тяговое сопротивление имеет размерность кН/м²

2. Максимальная ширина захвата при установленной глубине пахоты h (м) определяется по формуле

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{крн}} - G_{\text{тр}} \frac{i}{100}}{kh + g_m \left(\lambda f_{\text{тр}} + \frac{i}{100} \right)}$$

3. Плуг конкретной марки выбирается из типоразмерного ряда плугов. Если плугов одинаковой ширины захвата несколько, то выбирается тот который имеет меньшую массу и большее значение ширины захвата корпуса (30 см, 35 см, 40 см)

4. Рабочее тяговое сопротивление определяется по формуле

$$R_a = B_M kh + G_M \left(\lambda f_{тр} + \frac{i}{100} \right)$$

Все остальное – см вопрос 2.

При ответе на этот вопрос на экзамене необходимо привести полный алгоритм, как это сделано в вопросе 2, с учетом особенностей пахотного агрегата.