

Цель работы. Овладеть теоретическими знаниями и практическими навыками по проектированию энергосберегающей операционной технологии основной обработки почвы.

1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Из приложения А выписать в рабочую тетрадь исходные данные в соответствии с выданным преподавателем вариантом.

2. Изучить агротехнические требования (п.2.1), предъявляемые к основной обработке почвы (вспашке) и кратко занести их в рабочую тетрадь.

3. Обосновать расчетами (п.2.2) состав пахотного МТА и скоростной **рабочий режим** трактора при выполнении технологической операции в поле.

4. Выбрать передачи трактора и рассчитать скорость МТА (п.2.2) при его движении в режимах:

холостого хода в поле (поворот, разворот, холостой заезд);

ближнего транспорта (движение по дорогам II группы при переездах к месту работы и обратно, а также с участка на участок в течение смены).

5. Рассчитать показатели загрузки трактора в агрегате на каждом из режимов, определить значения часового расхода топлива.

6. Итоговые технико-эксплуатационные показатели агрегата оформить в виде рекомендуемой таблицы.

7. Определить основные кинематические характеристики машинно-тракторного агрегата: центр агрегата, кинематическую длину, длину выезда, радиус поворота, согласно методике, приведенной в п.2.3 с учетом основных положений [1, 2]. Изобразить в тетради кинематическую схему МТА.

8. Для заданного способа движения, рассчитать основные кинематические характеристики рабочего участка: ширину поворотных полос, ширину загонов (для загонных способов движения), рабочую длину гона, коэффициенты поворотов и рабочих ходов. В рабочей тетради начертить схему движения агрегата при работе, схемы разметки поля, разбивки поля, обработки поворотных полос. При выполнении указанных схем следует пользоваться примерами, приведенными в [2].

9. Рассчитать составляющие баланса времени смены и определить полный коэффициент использования времени смены, согласно методике, приведенной в п.2.4.

10. С использованием зависимостей п.2.5. рассчитать технико-экономические и энергетические характеристики машинно-тракторного агрегата.

11. Итоговые технико-экономические и энергетические характеристики агрегата оформить в виде рекомендуемой таблицы.

12. Кратко привести рекомендации по подготовке поля к работе и работе агрегата в поле.

13. Изучить методику оценки качества вспашки, привести в рабочей тетради таблицу контроля качества.

14. Повторить материал по технологической настройке заданного машинно-тракторного агрегата, подготовить ответы на контрольные вопросы.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

2.1. Агротехнические требования к вспашке

1. Приведенные агротехнические требования соответствуют указанным в табл. 2.1. видам и способам пахоты.

Таблица 2.1. Виды и способы основной обработки почвы

Пахота	Глубина обработки, см.	Применяемые машины-орудия	Область применения
Отвальная	16...18 18...20	Отвальные плуги с предплужниками	При перепашке паров, зяби и на маломощных почвах
Отвальная	20...22	Отвальные плуги с предплужниками	Зяблевая вспашка, главным образом под зерновые колосовые
Отвальная	25...27	Отвальные плуги с предплужниками	Под пропашные культуры на мощных или хорошо окультуренных почвах
С одновременным выравниванием поверхности	16...18 18...20 20...22 25...27	Комбинированный пахотный агрегат из плуга с боронами или катками	Все виды вспашки

2. Начало и продолжительность выполнения пахотных работ устанавливаются в каждом отдельном случае агрономом хозяйства в соответствии с агротехническими сроками и состоянием почвы.

3. Все виды отвальной пахоты производятся плугами с предплужниками, кроме перепахки зяби и пара и запашки органических удобрений.

4. Глубина пахоты должна соответствовать заданной; допустимое отклонение средней глубины от заданной на выровненных полях и участках ± 1 см, на участках с неровным рельефом и ярко выраженным микрорельефом — не более ± 2 см. Глубина под свальными проходами должна быть не менее половины заданной.

5. Пласт почвы должен быть перевернут, раскрошен на мелкие комки и уложен без образования пустот. Пласты от всех корпусов должны быть одинакового размера, а борозда — прямолинейной. Допустимое искривление рядов вспашки ± 1 м на 500 м длины гона.

6. Все сорные растения, пожнивные остатки и внесенные удобрения должны быть запаханы не менее чем на 95 %.

7. Поверхность вспаханного поля должна быть ровной, слитной. Свальные гребни и развальные борозды должны быть выровнены. Разрывы между смежными проходами плуга, а также скрытые и открытые огрехи и незапаханные клинья не допускаются.

8. Выворачивание на поверхность пашни подпахотных горизонтов не допускается.

9. Высота гребней допускается не более 5 см.

10. При нормальной влажности почвы площадь глыб крупнее 10 см не должны превышать 15% всей поверхности поля. Возможность вспашки переувлажненных или пересушенных почв определяется агрономом хозяйства.

11. Кроме перечисленных общих требований, предъявляются дополнительные требования к пахоте комбинированными почвообрабатывающими агрегатами:

- поверхностный слой почвы после прохода агрегата должен быть рыхлым и мелкокомковатым;
- мелкие фракции диаметром до 5 см должны составлять 80—90% от общего количества.

2.2. Комплектование пахотных агрегатов

Задача комплектования пахотного МТА ставится следующим образом.

Для трактора заданной марки при работе в заданных условиях с учетом требований агротехники: подобрать плуг с $n_{кор}$ (количество корпусов) и определить рабочую передачу технологического режима таким образом, чтобы агрегат отвечал требованиям рациональной загрузки трактора и энергосбережения.

Рассмотрим условия рациональной загрузки, указав предварительно показатели, определяющие ее при заданных агротехнических требованиях.

1. Коэффициент использования номинального тягового усилия

$$\eta_{\text{н}} = \frac{R_{\text{а}}}{P_{\text{крн}} - G_{\text{тр}} \frac{i}{100}}, \quad (2.1)$$

где $R_{\text{а}}$ - рабочее сопротивление пахотного агрегата, кН;

$P_{\text{крн}}$ - номинальное тяговое усилие трактора на передаче, кН;

$G_{\text{тр}}$ - вес трактора, кН;

i - уклон в направлении движения, %.

2. Коэффициент использования максимальной тяговой мощности

$$\eta_{\text{им}} = \eta_{\text{н}} \frac{v_{\text{р}}}{v_{\text{рн}}}, \quad (2.2.)$$

где $v_{\text{р}}$ - рабочая скорость агрегата под нагрузкой, км/ч;

$v_{\text{рн}}$ - скорость движения трактора на номинальном режиме (принимается по тяговой характеристике), км/ч.

3. Тяговый к.п.д. трактора :

$$\eta_{\text{т}} = \frac{N_{\text{кр}}}{N_{\text{е}}}, \quad (2.3)$$

где $N_{\text{е}}$ - мощность двигателя (кВт), используемая при данной нагрузке

$$N_{\text{е}} = \frac{R_{\text{а}} + G_{\text{тр}} \left(f_{\text{тр}} + \frac{i}{100} \right)}{3,6 \eta_{\text{тр}} \eta_{\delta}} v_{\text{р}}, \quad (2.4.)$$

здесь $f_{\text{тр}}$ - коэффициент сопротивления качению трактора;

$\eta_{\text{тр}}$ - к.п.д. трансмиссии трактора, принимается в работе для колесных тракторов - 0,91, для гусеничных - 0,83;

$\eta_{\delta} = 1 - \delta / 100$ - к.п.д. буксования при значении буксования δ из тяговой характеристики трактора,

а фактическая тяговая мощность (кВт)

$$N_{кр} = \frac{R_a v_p}{3,6}. \quad (2.5)$$

4. Максимальный тяговый к.п.д. трактора

$$\eta_{тmax} = \frac{N_{крmax}}{N_{ен}}, \quad (2.6)$$

где $N_{крmax}$ - максимальная тяговая мощность, принимаемая из тяговой характеристики трактора.

5. Коэффициент загрузки двигателя трактора рассчитывается по зависимости

$$\eta_N = \frac{N_e}{N_{ен}}. \quad (2.7)$$

Рационально сконфигурованный в соответствии с требованиями агротехники МТА по условиям загрузки трактора должен иметь:

1. Коэффициент использования номинального тягового усилия в оптимальном интервале 0,88...0,96, и максимальный из возможных в диапазоне агротехнически допустимых скоростей движения;

$$\eta_{и} \rightarrow max. \quad (2.8)$$

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

$$\eta_{и} < \eta_{им}, \quad (2.9)$$

причем данным условием можно оценить правильность расчета рабочей скорости движения МТА (условие должно выполняться).

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

$$\eta_{т} < \eta_{тmax}, \quad \eta_{т} \approx (0,92 \dots 0,96) \eta_{тmax}. \quad (2.10)$$

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

$$\eta_N \leq 0,97, \quad \eta_N \rightarrow max. \quad (2.11)$$

2.2.1. Выбор марки плуга.

Решение задачи подбора плуга в пахотный агрегат производится с использованием тяговой характеристики трактора (приложение Г), на основании которой строится потенциальная тяговая характеристика.

В табл.1. показан пример представления потенциальной тяговой характеристики трактора БЕЛАРУС 82.1 при выполнении работы.

Таблица 2.1 (пример). Параметры потенциальной тяговой характеристики трактора БЕЛАРУС 82.1 на стерне нормальной влажности

Режим эксплуатации	Показатели	Значения показателей на передачах									
		3п	4п	3	5п	4	6п	5	7п	6	8п
$P_{кр} = P_{крн}$ (максимальная тяговая мощность)	$P_{крн}$ кН	31,3	24,9	22,8	20,3	17,8	16,8	14,4	12,9	11,8	10,3
	$N_{кр max}$ кВт	31,0	35,3	36,3	37,2	37,7	37,8	37,7	37,4	36,9	36,1
	$v_{рн}$ км/ч	3,6	5,1	5,7	6,6	7,6	8,1	9,4	10,4	11,3	12,6

* $P_{крн}$ – номинальное тяговое усилие;
 $v_{рн}$ – рабочая скорость трактора на режиме максимальной тяговой мощности;
 $N_{кр max}$ – максимальная тяговая мощность.

Построение графика потенциальной тяговой характеристики (рис. 2.1) производится в следующей последовательности:

на горизонтальной оси в принятом масштабе откладываются значения номинальных тяговых усилий $P_{крн}$ (кН) из табл.2.1, затем из полученных точек восстанавливаются перпендикуляры, на которых указывается номер передачи трактора;

по двум вертикальным осям в принятом масштабе откладываются значения максимальной тяговой мощности $N_{кр max}$ (кВт) и номинальной рабочей скорости $v_{рн}$ (км/ч), соответствующие номинальным тяговым усилиям $P_{крн}$;

полученные точки в каждой координатной плоскости соединяются плавной кривой.

Далее на графике потенциальной тяговой характеристики обозначается интервал технологически допустимых скоростей движения (4,5... 12 км/ч), как это показано на рис.2.1.

Зона рациональной тяговой загрузки трактора в интервале технологически допустимых скоростей принимается таким образом, чтобы в нее обязательно попадал максимум функции $N_{кр max} = f(P_{крн})$ и еще две точки, соответствующие низшей (справа от максимума) и высшей (слева от максимума) передачам трактора. Таким образом, в зоне рациональной загрузки, как правило, должно быть не менее трех передач. Однако, если максимум функции $N_{кр max} = f(P_{крн})$ находится на границе интервала технологически допустимых скоростей, то принимаются к рассмотрению только две передачи: первая – та, для которой $N_{кр max}$ имеет наибольшее значение, вторая – ближайшая к первой, высшая, либо низшая.

Интервалы технологически допустимых скоростей и скоростей, рациональных по загрузке трактора, отмечаются на графике потенциальной тяговой характеристики так, как это показано на рис.2.1, затем очерчивается зона предварительного выбора возможных передач трактора. Далее производится выбор возможных передач трактора, который поясним на примере (рис. 2.1).

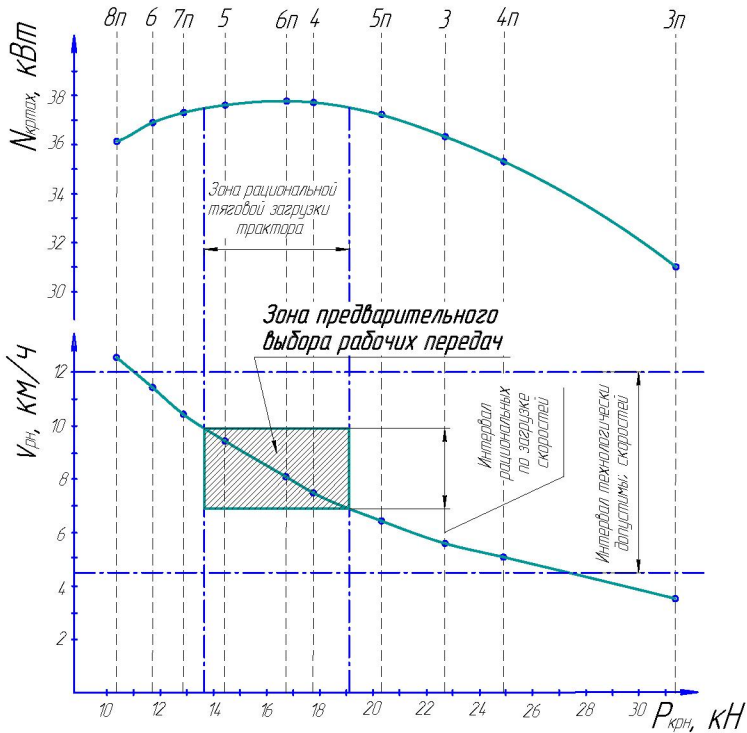


Рис. 2.1. Потенциальная тяговая характеристика трактора БЕЛАРУС 82.1.

В зону рациональной тяговой загрузки трактора БЕЛАРУС 82.1 попадают передачи 4, 6п и 5. Эти же передачи попадают в интервал технологически допустимых скоростей, принятый для данного примера 4,5...12 км/ч и соответствующий вспашке. Таким образом, возможными передачами для выполнения вспашки являются 4-я, 5-я и 6-я (на пониженном диапазоне).

Окончательный выбор основной рабочей передачи должен быть сделан по результатам тягового расчета МТА, который выполняется применительно к возможным передачам трактора.

Для каждой из принятых к расчету передач:

– определяется удельное сопротивление вспашке ($kН/м^2$) при скорости $v_{рн}$

$$k = k_0 [1 + (v_{рн} - v_0) \Delta_c / 100], \quad (2.12)$$

где $v_{рн}$ – скорость движения трактора на номинальном режиме, км/ч;

k_0 – удельное сопротивление вспашке (кН/м²) при скорости $v_0=5$ км/ч, для навесных плугов значение k_0 уменьшается на 15...20%, т.е. справочное значение умножается на среднее из интервала 0,8...0,85 – 0,825 ;

Δ_c – темп роста удельного сопротивления при увеличении скорости свыше v_0 (%), принимается по данным табл.2.2;

Т а б л и ц а 2 . 2 . Темп роста удельного сопротивления [2]

Условия вспашки	Δ_c , %
Целина, залежь, пласт многолетних трав, стерня озимых при $k > 60$ кН/м ²	5...7
Стерня озимых, кукурузы, подсолнечника при $k = 40 \dots 50$ кН/м ²	3...5
Вспашка легких и рыхлых (песчаных и супесчаных) почв при $k < 45$ кН/м ²	2...3

– рассчитывается максимально возможная по условиям 100%-й тяговой загрузки ширина захвата плуга

$$B_{max} = \frac{P_{крп} - G_{тр} \frac{i}{100}}{kh + g_{пл}(\lambda f_{тр} + c \frac{i}{100})}, \quad (2.13)$$

где h – глубина вспашки согласно агротребований, м;

c – поправочный коэффициент, учитывающий вес почвы на корпусах плуга, равен 1,1...1,4 (при $h=0,22 \dots 0,25$ м);

$g_{пл}$ – вес плуга, приходящийся на один метр его ширины захвата, принимается для навесных плугов из интервала 6...8 кН/м, для полунавесных – 15...17 кН/м (для тракторов тягового класса 4 и 5) и 12...14 кН/м (для тракторов тяговых классов 2 и 3);

λ – коэффициент догрузки ведущих колес трактора, $\lambda=0,5 \dots 1,0$ (меньшие значения принимаются для полунавесных и полуприцепных плугов, большие – для навесных);

$f_{тр}$ – коэффициент сопротивления качению трактора, принимается по приложению В;

– из приложения Б принимается плуг конкретной марки с ближайшей меньшей к рассчитанной шириной захвата, а если таких плу-

гов несколько, то принимается тот, который имеет меньшую массу;

- определяется рабочее тяговое сопротивление:

$$R_a = hB_k k + G_{пл} (\lambda f_{тр} + c i / 100), \quad (2.14)$$

где B_k и $G_{пл}$ – конструктивная ширина захвата и вес плуга конкретной марки соответственно.

- рассчитывается коэффициент использования номинального тягового усилия по формуле (2.1)

Для выбранных передач приводится состав агрегата, производится анализ показателя η_n в соответствии с требованиями, изложенными выше, и окончательно принимается плуг конкретной марки для работы на той передаче, которая обеспечит более рациональную загрузку трактора.

2.2.2. Расчет параметров режима работы пахотного агрегата в поле

Расчет сопротивления навесного пахотного агрегата на холостом ходу (поворот в конце гона) производится по формуле

$$R_{ax} = G_{пл} \left(f_{тр} + \frac{i}{100} \right). \quad (2.15)$$

а для полунавесного и полуприцепного –

$$R_{ax} = G_{пл} \left(f_m + \frac{i}{100} \right), \quad (2.16)$$

где f_m – коэффициент сопротивления качению ходовых колес плуга на поворотной полосе, который принимается приложению В.

Расчет скоростей на рабочем, холостом ходу и соответствующего им часового расхода топлива на выбранной передаче (при повороте не производится переключение передач и не изменяется режим работы тракторного двигателя) производится с использованием тяговой характеристики трактора (для этой передачи) графически либо аналитически.

При использовании графического способа (рис. 2.2) на координатной бумаге в принятом масштабе строятся графики зависимостей $v_p = f(P_{кр})$ и $G_T = f(P_{кр})$ по данным тяговой характеристики на выбранной передаче. На оси сил от 0 откладывается рабочее (холостое) сопротивление и через полученную точку проводится прямая до пересечения с соответствующим графиком. Из полученных точек пересечения восстанавливаются перпендикуляры к осям v_p и G_T . Точки пересечения

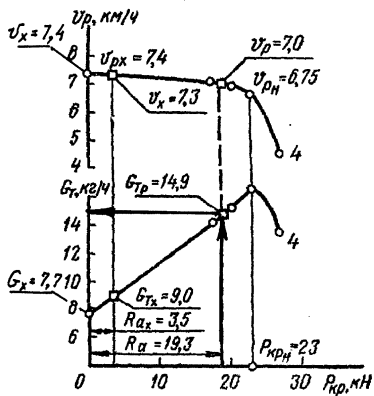


Рис. 2.2. Пример графического метода определения режимных параметров по тяговой характеристике трактора для рабочего и холостого хода агрегата.

этих перпендикуляров с соответствующими осями – искомыми значениями рабочей скорости v_p , $v_{рх}$ и расхода топлива $G_{тр}$ и $G_{тх}$.

Если предполагается, что на холостом ходу производится переключение передач, либо изменение режима работы двигателя (снижение его частоты вращения), то определение режимных параметров холостого хода теоретически затруднительно, хотя и возможно.

С целью упрощения расчетного определения режимных параметров на холостом ходу можно принять, что скорость на повороте попадает в

интервал 5...7 км/ч [2], а двигатель трактора работает в номинальном режиме.

Тогда по тяговой характеристике определяется передача, соответствующая этой скорости и на выбранной передаче, выполнив аналогичные действия (рис. 2.2) определяется $v_{рх}$ и $G_{тх}$. Если в диапазон 5...7 км/ч попадает несколько передач трактора, то выбирается та из них значение $v_{рх}$ для которой больше.

Более точный результат дает определение скоростей на рабочем, холостом ходу и соответствующих расходов топлива экспериментально в конкретных полевых условиях работы скомплектованного агрегата.

Вид зависимостей (см. ниже), используемых для аналитического расчета режимных параметров, вытекает из того же графика тяговой характеристики на передаче (рис. 2.2), при этом для их получения использован метод подобия треугольников.

Рабочая скорость

$$v_p = v_x \cdot \eta_{и} (v_x - v_{рх}). \quad (2.17)$$

Скорость на холостом ходу (поворот) без переключения передачи

$$v_{рх} = v_x \cdot \eta_{иx} (v_x - v_{рх}), \quad (2.18)$$

где $\eta_{\text{иx}}$ – коэффициент использования номинального тягового усилия трактора на холостом ходу, который определяется по формуле (2.1), подставляя в нее R_{ax} вместо R_{a} .

При переключении передачи при повороте на выбранную низшую (верхний индекс “н”)

$$v_{\text{рх}} = v_{\text{рн}}^{\text{н}} \cdot R_{\text{ax}} (v_{\text{x}}^{\text{н}} - v_{\text{рн}}^{\text{н}}) / (P_{\text{крн}}^{\text{н}} - G_{\text{тр}} i / 100). \quad (2.19)$$

Часовой расход топлива на рабочем ходу

$$G_{\text{тр}} = G_{\text{x}} + \eta_{\text{и}} (G_{\text{тн}} - G_{\text{x}}). \quad (2.20)$$

Часовой расход топлива на холостом ходу без переключения передачи

$$G_{\text{тх}} = G_{\text{x}} + \eta_{\text{иx}} (G_{\text{тн}} - G_{\text{x}}). \quad (2.21)$$

При переключении передачи на повороте на выбранную низшую -

$$G_{\text{тх}} = G_{\text{x}}^{\text{н}} + R_{\text{ax}} (G_{\text{тн}}^{\text{н}} - G_{\text{x}}^{\text{н}}) / (P_{\text{крн}}^{\text{н}} - G_{\text{тр}} i / 100). \quad (2.22)$$

Расход топлива при остановках трактора с работающим двигателем $G_{\text{то}}$ определяется на основании приложения Д.

Окончательно определив режимы работы машинно-тракторного агрегата в поле, производится расчет показателей его загрузки с использованием зависимостей (2.2)...(2.7) и соответствующая проверка рациональности загрузки трактора в составе агрегата. Делается вывод о комплектовании МТА, а показатели скомплектованного МТА представляются в табл.2.3.

2.2.3. Расчет параметров транспортного режима пахотного агрегата

В транспортном режиме пахотный агрегат работает при переездах к месту работы и обратно, а также при переездах с участка на участок в течение рабочего дня (смены). Такой транспортный режим носит наименование «режим ближнего транспорта».

В режиме ближнего транспорта предварительно принимается скорость, равная максимально допустимой:

$v_{\text{тр. max}} = 15$ км/ч – для навесном способе агрегатирования;

$v_{\text{тр. max}} = 20$ км/ч – при прицепном (полуприцепном, полунавесном) способе агрегатирования.

Определяется тяговое сопротивление агрегата $R_{\text{a}}^{\text{тп}}$ и сопротивление движению трактора $R_{\text{п}}^{\text{тп}}$ при движении по дорогам в режиме ближнего транспорта по формулам:

полуприцепное и полунавесное агрегатирование –

$$R_{\text{a}}^{\text{тп}} = G_{\text{пл}} \cdot f_{\text{м}}^{\text{тп}};$$

навесное агрегатирование –

$$R_a^{тр} = G_{пл} f_{тр}^{тр}; \quad (2.23)$$

сопротивление движению трактора –

$$R_{тр}^{тр} = G_{тр} f_{тр}^{тр},$$

Рассчитывается максимально возможная скорость (км/ч) агрегата по мощности двигателя трактора при движении в режиме ближнего транспорта:

$$v_{тр}^N = \frac{3,6 \eta_N N_{ен} \eta_{мг} \eta_{\delta_{тр}}}{R_a^{тр} + R_{тр}^{тр}} \quad (2.24)$$

де $\eta_{\delta_{тр}}$ – к.п.д. буксования движителя трактора в транспортном режиме $\eta_{\delta_{тр}} = 1 - \delta_{тр}/100$;

$\delta_{тр}$ – буксование движителя трактора в транспортном режиме, принимается из интервала 3...5%.

Далее следует согласовать скорость $v_{тр}^N$ с рядом передаточных чисел трансмиссии трактора. Для этого нужно:

– определить требуемое передаточное число трансмиссии трактора

$$i_{тр} = 0,377 \frac{n_{нк}}{v_{тр}^N} (1 - \delta/100), \quad (2.25)$$

– по приложению Ж принять из ряда передаточных чисел трансмиссии трактора передачу, для которой $i_{тр}^{ст}$ – ближайшее большее к рассчитанному $i_{тр}$, и выполнить расчет скорости, согласованной с рядом передаточных чисел по формуле

$$v_{тр.ст}^N = 0,377 \frac{n_{нк}}{i_{тр}^{ст}} (1 - \delta/100). \quad (2.26)$$

Для окончательного выбора транспортной скорости и соответствующей ей передачи следует сравнить получившееся значение скорости $v_{тр.ст}^N$ с максимальной допустимой транспортной скоростью, проанализировав выполнение ряда условий, приведенных ниже:

1) если $v_{тр.ст}^N \leq v_{тр.макс}$, то скорость $v_{тр} = v_{тр.ст}^N$;

2) если, $v_{тр.ст}^N > v_{тр.макс}$ то, приняв предварительно $v_{тр.пр} = v_{тр.макс}$, требуется согласовать эту скорость с рядом передаточных чисел по уже известной методике.

Мощность двигателя трактора, потребляемая под нагрузкой при движении по дорогам (режим ближнего транспорта):

$$N_{стр} = \frac{R_a^{тр} + R_{тр}^{тр}}{3,6\eta_{мг}\eta_{\delta_{тр}}} v_{тр} \cdot \quad (2.27)$$

Коэффициенты загрузки двигателя трактора по мощности в транспортном режиме:

$$\eta_{N_{тр}} = \frac{N_{стр}}{N_{ен}} \cdot$$

Значение часового расхода топлива рассчитывается по формуле

$$G_{тр} = G_{хх} + \eta_{N_{тр}}(G_{тн} - G_{хх}), \quad (2.28)$$

где $G_{тн}$ и $G_{хх}$ – часовые расходы топлива на номинальном режиме и режиме максимальных оборотов холостого хода двигателя трактора, значения величин $G_{тн}$ и $G_{хх}$ принимаются из приложения Д.

Полученные показатели режимов работы МТА следует занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3. Эксплуатационно-технические характеристики агрегата

Показатели	Значения показателей
1	2
Состав агрегата	
Конструктивная ширина захвата, м	
Передача трактора:	
на рабочем ходу	
на поворотах и холостых заездах	
при движении дорогам	
Скорость агрегата, км/ч:	
на рабочем ходу	
на поворотах и холостых заездах	
при движении дорогам	
Часовой расход топлива, кг/ч:	
на рабочем ходу	
на поворотах и холостых заездах	
при движении дорогам	
на остановках с работающим двигателем	

1	2
Показатели загрузки трактора в агрегате на рабочем режиме:	
коэффициент использования номинального тягового усилия	
коэффициент использования максимальной тяговой мощности	
тяговый к.п.д. трактора	
максимальный тяговый к.п.д. трактора	
коэффициент загрузки двигателя трактора по мощности	

2.3. Кинематические характеристики МТА и рабочего участка

В рабочей тетради с использованием указаний [2] вычерчивается кинематическая схема МТА с указанием значений кинематической длины трактора, плуга и агрегата в целом. Указываются также значения конструктивной ширины захвата и кинематической ширины МТА.

Расчет кинематических характеристик МТА и рабочего участка проводится по методике, изложенной ниже.

Длина выезда агрегата e , м, зависит от его кинематической длины и определяется по зависимости

$$e = a_e l_a, \quad (2.29)$$

где a_e – коэффициент пропорциональности, принимается для полунавесных и полуприцепных агрегатов 0,25...0,75, для навесных – 0,1...0,2;

l_a – кинематическая длина агрегата, м, $l_a = l_{тр} + l_m$ ($l_{тр}$ – кинематическая длина трактора, м; l_m – кинематическая длина плуга, м)

Минимально допустимый радиус поворота агрегата R_0 , м, определяется по формуле

$$R_0 \approx k B_k, \quad (2.30)$$

где B_k – конструктивная ширина захвата агрегата, м;

k – коэффициент поворота, $k=3$ – при навесном агрегатировании; $k=4,5$ – при прицепном агрегатировании.

Минимальный (наименьший) радиус поворота R_{min} является одним из важнейших массово-геометрических параметров энергосредства, определяющим его маневренность. Значение R_{min} приводится в приложении Д.

Расчитанный по формуле (2.30) минимально допустимый радиус поворота агрегата всегда следует сравнивать с минимальным радиу-

сом R_{min} поворота энергосредства, и если $R_0 < R_{min}$, то принимается $R_0 = R_{min}$.

Радиус поворота агрегата R при скоростях до 5 км/ч принимается равным величине R_0 . Если скорость агрегата при повороте v_{px} больше 5 км/ч, то радиус поворота определяется по формуле

$$R = k_R R_0, \quad (2.31)$$

где k_R – коэффициент скоростного режима поворота, который рассчитывается в зависимости от способа агрегатирования по формулам

$$k_R = 0,075 V_x + 0,525 \text{ – при навесном агрегатировании;}$$

$k_R = 0,135 V_x + 0,205$ – при полуприцепном (полунавесном) агрегатировании.

Если повороты осуществляются на 180° в конце каждого гона, то их вид зависит от сочетания кинематических (радиуса поворота R) и технологических (рабочая ширина захвата B_p) характеристик машинно-тракторного агрегата (рис. 2.3) [2].

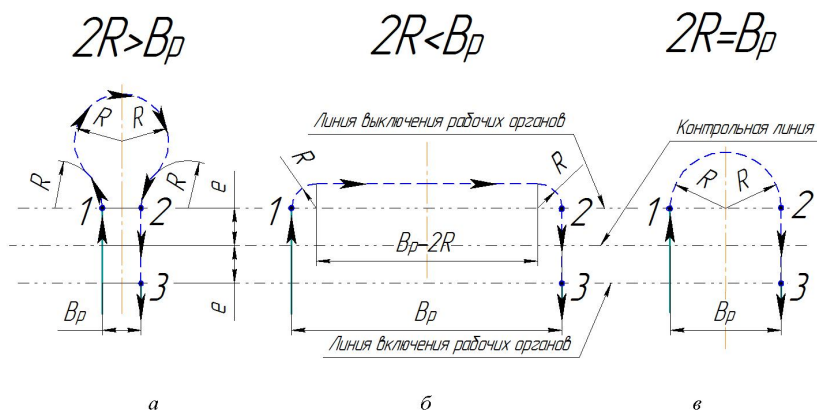


Рис. 2.3. Виды характерных поворотов: *а* – петлевой грушевидный; *б* – беспетлевой с прямолинейным участком; *в* – беспетлевой по окружности

Значение рабочей ширины захвата агрегата рассчитывается, используя данные табл. 2.4, по формуле

$$B_p = \beta B_{к}, \quad (2.32)$$

где $B_{к}$ – конструктивная ширина захвата агрегата.

Таблица 2.4. Предельно допустимые значения коэффициента β использования конструктивной ширины захвата агрегата [1]

Количество корпусов плуга	β
10 и более	1,02
8 или 9	1,05
от 5 до 7	1,09
до 5	1,1

Длина холостого хода (заезда) и ширина поворотной определяются по данным приложения 3 для заданного способа движения.

Фактическая ширина поворотной полосы E_{ϕ} , которая определяет положение контрольной линии на рабочем участке, должна быть кратной рабочей ширине захвата агрегата, который будет ее обрабатывать. Обработку поворотных полос проводят челночным и круговым способом.

Если поворотную полосу намечается обработать челночным способом за нечётное число проходов, то соответствующее расчётное число проходов $n_{\text{пр}}$ получают из соотношения

$$n_{\text{пр}} = E / B_p . \quad (2.33)$$

Этот результат округляют до ближайшего большего целого нечётного числа n_n , а затем рассчитывают фактическую ширину поворотной полосы E_{ϕ}

$$E_{\phi} = n_n B_p . \quad (2.34)$$

Если поворотную полосу необходимо обработать за чётное число походов МТА, то значение $n_{\text{пр}}$, полученное по формуле (2.33), следует округлить в большую сторону до ближайшего чётного числа n_n , а затем выполнить расчет по формуле аналогичной (2.34).

Чётность или нечётность числа проходов МТА при обработке поворотной полосы зависит от направления выезда из поворотной полосы: если выезд агрегата после обработки поворотной полосы происходит в сторону заезда, то число проходов должно быть чётным, и наоборот. При этом учитывают и расположение соседнего загона, на который должен переехать агрегат.

При обработке поворотных полос, расположенных вдоль всех сторон участка применяют круговой способ, и тогда рассчитанное по формуле (2.33) число проходов $n_{\text{пр}}$ также округляется до ближайшего большего целого числа с последующим определением E_{ϕ} по формуле аналогичной (2.34).

Примерные схемы обработки поворотных полос представлены на рис.2.4.

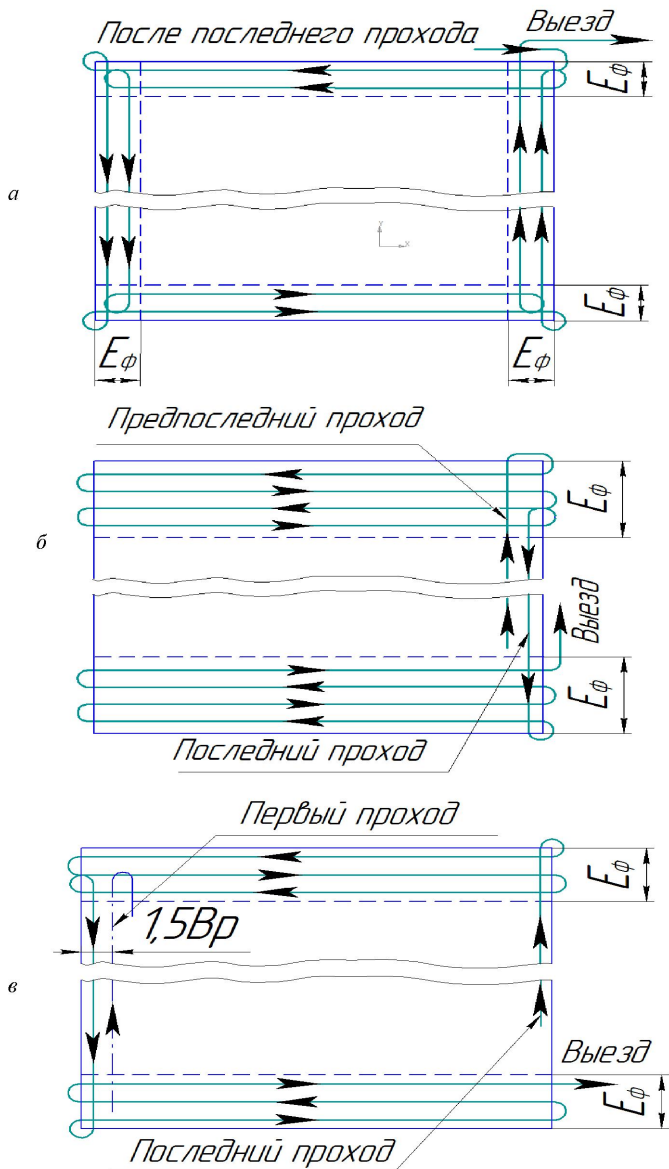


Рис. 2.4. Схемы движения МТА при обработке поворотных полос: *a* – круговой способ; *б* – челночный способ при четном числе проходов; *в* – челночный способ при нечетном числе проходов

Рабочий участок – часть или все поле севооборота, находящееся в одном массиве и предназначенное для выполнения одной и той же технологической операции одним или несколькими однотипными МТА. Рабочий участок имеет следующие кинематические характеристики:

- длина $L_{уч}$ и ширина $C_{уч}$ участка;
- ширина E_{ϕ} поворотной полосы;
- рабочая длина $L_p=L-2E_{\phi}$;
- ширина C_{ϕ} загона, находится по формулам приложения Е и согласуется (уточняется) с двойной рабочей шириной захвата агрегата;
- расстояние C_1 от края загонов или края рабочего участка до линии первого прохода агрегата на загоне или рабочем участке.

Для работы МТА рабочий участок должен быть предварительно подготовлен [1,2].

Затраты времени на холостое движение агрегата характеризуются коэффициентом рабочих ходов φ и коэффициентом поворотов $\tau_{пов}$.

Расчетные зависимости для определения φ представлены в приложении Ж.

Коэффициент поворотов определяется по формуле

$$\tau_{пов} = \frac{1-\varphi}{\varphi}. \quad (2.35)$$

Схема движения агрегата при работе изображается для заданного способа движения с указанием всех необходимых кинематических характеристик МТА и рабочего участка. При этом следует пользоваться примерами из [2].

Схемы подготовки участка к работе, его разметка и разбивка производятся согласно [2], где представлены примеры выполнения таких схем.

2.4. Баланс времени смены

Нормируемые затраты времени [3]:

- на ежесменное техническое обслуживание $T_{ЕТО}$ принимаются для тракторов тягового класса 5 - 0,17 ч, для низших тяговых классов - 0,14 ч;
- на подготовку к переезду в начале и конце смены $T_{п.п.}=3$ мин;
- на переезд в начале и конце смены $T_{п.нк}=26$ мин;
- на получение наряда и сдачу работ $T_{пнз}=4$ мин;
- на физиологические нужды $T_{\phi}=(0,03 \dots 0,05) T_{см}$;

- время смены $T_{\text{см}}=7$ ч.

Подготовительно-заключительное время (ч) рассчитывается по формуле

$$T_{\text{п.з.}}=T_{\text{ЕТО}}+T_{\text{п.п.}}+T_{\text{п.нк}}+T_{\text{пнз.}} \quad (2.36)$$

Затраты времени на технологическое обслуживание в загоне

$$T_{\text{техн}}=t_0' T_{\text{см}},$$

где t_0' – затраты времени на технологическое обслуживание агрегата в загоне на 1 час сменного времени, принимается из интервала 0,01...0,02 ч/час смены [3].

Затраты времени на переезды с участка на участок в течение смены принимаются $T_{\text{пер}}=0 \dots 0,5$ ч.

Чистое время работы за смену определяется по формуле

$$T_{\text{р}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{п.з.}} + T_{\text{ф}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{техн}})}{1 + \tau_{\text{нов}}}. \quad (2.37)$$

Затраты времени на холостой ход в загоне в течение смены

$$T_{\text{х}} = \tau_{\text{пов}} T_{\text{р}}. \quad (2.38)$$

Время движения в режиме ближнего транспорта за смену

$$T_{\text{тр}} = T_{\text{п.нк}} + T_{\text{пер}}. \quad (2.39)$$

Время остановок с работающим двигателем за смену

$$T_{\text{о}} = T_{\text{см}} - (T_{\text{р}} + T_{\text{х}} + T_{\text{пер}}). \quad (2.40)$$

Коэффициент использования времени смены

$$\tau_{\text{см}} = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{см}}}. \quad (2.41)$$

2.5. Техничко-экономические и энергетические характеристики МТА

Производительность агрегата за час сменного времени (га/ч) и за полную нормосмену (га/см) определяется по формулам

$$\begin{aligned} W_{\text{ч}} &= 0,1 v_{\text{р}} B_{\text{р}} \tau_{\text{см}}; \\ W_{\text{см}} &= W_{\text{ч}} T_{\text{см}}. \end{aligned} \quad (2.42)$$

Расход топлива за нормосмену (кг/см) рассчитывается по зависимости

$$\theta_{\text{см}} = G_{\text{тр}} T_{\text{р}} + G_{\text{тх}} T_{\text{х}} + G_{\text{трп}} T_{\text{тр}} + G_{\text{то}} T_{\text{о}}. \quad (2.43)$$

Гектарный расход топлива (кг/га)

$$\theta_{\text{га}} = \theta_{\text{см}} / W_{\text{см}}. \quad (2.44)$$

Затраты труда (чел.-ч/га) на единицу объема работ:

прямые

$$z_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{м}}}{W_{\text{ч}}}, \quad (2.45)$$

общие

$$z_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{м}} + n_{\text{вп}}}{W_{\text{ч}}},$$

где $n_{\text{м}}$ и $n_{\text{вп}}$ - количество механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих МТА.

Энергоемкость технологической операции (кВт·ч/га)

$$E = \frac{\eta_N N_{\text{сн}}}{W_{\text{ч}}}. \quad (2.46)$$

Материалоемкость технологической операции (т·ч/га)

$$M = \frac{m_{\text{тр}} + m_{\text{пл}}}{W_{\text{ч}}}, \quad (2.47)$$

где $m_{\text{тр}}$ и $m_{\text{пл}}$ - масса трактора и плуга, т.

Результаты расчетов по разделам 2.4 и 2.5 представляются в таблице 2.5.

Таблица 2.5. Техничко-экономические и энергетические характеристики МТА

Показатели	Значения показателей
Составляющие баланса времени смены, ч:	
чистое время работы T_p	
время холостого хода в поле T_x	
время движения в режиме ближнего транспорта $T_{\text{тр}}$	
время остановок с работающим двигателем $T_{\text{то}}$	
Полный коэффициент использования времени смены	
Часовая техническая производительность, га/ч	
Гектаный расход топлива, кг/га	
Затраты труда на единицу объема работ, чел.-ч/га:	
общие	
прямые	
Энергоемкость технологической операции, кВт·ч/га	
Материалоемкость технологической операции, т·ч/га	

2.6. Подготовка поля

1. Перед началом работы устраняют посторонние предметы, мешающие работе агрегата.

2. Выбирают направление и способ движения агрегата с учетом конфигурации и размеров поля. При работе на полях с пересеченным рельефом агрегат должен двигаться поперек склона.

3. Основные способы движения агрегата – челночный, перекрытием.

При челночном способе движения агрегата линию первого прохода провешивают на расстоянии половины ширины захвата от границы рабочего участка, если ширина поворотных полос равна четному числу проходов. Отбивают две поворотных полосы и отмечают линии включения и выключения рабочих органов агрегата проходом основного, либо вспомогательного агрегата. Если ширина поворотной полосы принимается равной нечетному числу проходов агрегата, то линию первого прохода следует провешивать на расстоянии 1,5 ширины захвата. Это необходимо для того, чтобы сократить потери времени на холостые заезды агрегата при обработке поворотных полос. При обработке поворотных полос вкруговую на участке отмечаются дополнительно две зоны, равные ширине поворотной полосы и располагаемые в направлении линии первого прохода агрегата. В этих зонах не отмечаются линии включения и выключения рабочих органов, а линия первого прохода располагается на расстоянии, равном половине рабочей ширины захвата от границы необрабатываемой зоны.

При движении перекрытием поле разбивается на загоны, отмечаются границы поворотных полос (контрольные линии) и линии включения и выключения рабочих органов аналогично описанному ранее челночному способом с тем отличием, что кроме линии первого прохода на загоне отмечается линия второго прохода, расположенная на расстоянии равном половине рабочей ширины захвата агрегата от середины загона.

4. При групповой работе агрегатов выделяют участки на поле, размер которых должен составлять не менее выработки всех агрегатов за смену. Поле делят на равные участки, чтобы можно было проконтролировать работу каждого и исключить взаимные помехи в процессе работы агрегатов.

2.7. Работа агрегата поле

1. Выводят агрегат на линию первого прохода. Заглубляют рабочие органы и начинают движение.

2. Первый проход агрегата выполняют по линии вешек или вдоль края поля.

3. Проехав 40...50 м на выбранной передаче (припашка), окончательно регулируют плуг, проверяют глубину вспашки в открытой борозде и за каждым корпусом плуга. При необходимости корректируют технологические настройки.

4. Во время работы постоянно следят за прямолинейностью вспашки.

5. При забивании корпусов плуга почвой и растительными остатками их следует периодически очищать чистиками. При этом плуг должна находиться в положении ближнего транспорта, надежно зафиксирован, двигатель трактора – заглушен.

6. При групповой работе агрегатов вспашку начинают с середины поля от первого провешенного прохода. Каждый агрегат обрабатывает свою часть поля.

7. Рабочие органы выключают (поднимают) в момент, когда центр агрегата находится на линии выключения рабочих органов. Категорически запрещается делать разворот с заглубленными рабочими органами, так как это может вызвать их поломку.

8. Поворачивают агрегат на рабочей передаче, а в случае необходимости используют пониженный скоростной режим двигателя.

9. Заглубляют рабочие органы (опускают), когда центр агрегата будет находиться на линии включения рабочих органов.

10. После обработки всего поля, перед последним проходом, обрабатывают одну поворотную полосу. Сделав последний проход, обрабатывают вторую поворотную полосу. Если на поле работает два агрегата, каждый из них обрабатывает по одной поворотной полосе.

11. По окончании работ на поле выполняется приемочный контроль качества работ.

2.8. Контроль качества пахоты

Основными показателями качества пахоты, определяемыми инструментальным методом являются:

- отклонение фактической глубина пахоты от заданной;
- выравненность поверхности вспаханного поля;

- гребнистость поверхности поля;
- глыбистость поверхности поля.

Кроме этого визуально контролируется слитность пашни, степень заделки удобрений (минеральных и органических), растительных остатков (стерня, сорняки и т.д.).

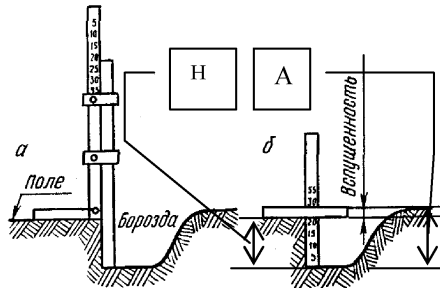


Рис 2.5. Измерение глубины пахоты в открытой борозде: а — бороздомером; б - двумя линейками.

Фактическая глубина пахоты контролируется трактористом (самоконтроль), агрономом или бригадиром при приемке от тракториста выполненной работы. Замеры глубины производят **во время вспашки** специальным бороздомером или двумя линейками (рис. 2.5) с выравниванием и очисткой дна открытой борозды за последним корпусом плуга в начале, середине и конце участка, с последующим определением среднего значения.

Для проверки глубины пахоты корпусами **на вспаханном поле** замеры производят в пяти местах за плугом в момент остановки пахотного агрегата путем погружения линейки во вспаханный слой (рис. 2.6) до упора в дно борозды на стыках пластов или путем разравнивания поверхности и последующего погружения линейки в почву.

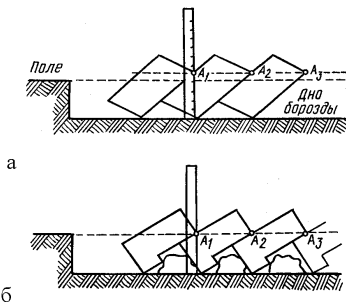


Рис. 2.6. Измерение глубины пахоты на вспаханном поле.

Теоретически стыки пластов при пахоте без предплужников располагаются на уровне не вспаханного поля. Фактически эти стыки (рис. 2.6 а, точки A_1, A_2, A_3 и т. д.) вследствие деформации лежат выше уровня непаханного поля на величину минимальной вспушенности, что нужно учитывать при определении истинной глубины вспашки.

Если измерения производят в дни вспашки и при отсутствии дождя, то величина поправки на вспушенность составляет 20% от результатов измерения, а при выпадении осадков или спустя 2...3 дня после вспашки — 10...15%. Точное значение поправки на вспушенность можно определить у открытой борозды путем сравнения глубины вспаханного поля с глубиной открытой борозды (рис. 2.5б) и рассчитать фактическое значение этой поправки с использованием зависимости

$$\Delta_b = (H - A) \cdot 100\% / A .$$

При вспашке с предплужником теоретически стыки пластов лежат несколько ниже уровня непаханного поля. Фактически же вследствие деформации пласта они оказываются примерно на уровне вспаханного поля, и вспушенность при определении глубины вспашки не учитывается.

Замеры глубины вспашки производят по диагонали участка в пяти местах за всеми корпусами плуга. Общее количество измерений зависит от числа корпусов плуга. По результатам всех измерений определяется средняя величина, которая и принимается за фактическую глубину вспашки:

$$A_{\text{ф}} = \frac{\sum_{i=1}^K A_i}{K}$$

где A_i — глубина вспашки отдельными корпусами, см; K — количество замеров.

Равномерность глубины вспашки определяют отклонением разовых замеров A_i от $A_{\text{ф}}$, эта разница не должна превышать на ровном поле 15%; а на неровном — 20%.

Выравненность поверхности пашни определяют с помощью шнура и рулетки. Шнур длиной 10 м, прикрепленный одним концом к кольшкку, накладывается поперек направления пахоты так, чтобы он по возможности полно копировал все неровности почвы. При этом второй конец шнура не дойдет до второго кольшкка, установленного на расстоянии 10 м от первого по прямой (замер расстояния производится рулеткой). Расстояние от конца шнура до второго кольшкка в деци-

метрах и есть коэффициент неровности поля. Его выражают, как правило, в процентах, а допустимое значение составляет 7%.

Глыбистость пашни оценивают при нормальной влажности почвы в 3...5 местах обработанного участка, учитывая глыбы размерами более 10 см в поперечнике. Для этого применяют сетчатую проволочную рамку 50×50 см с ячейками 5×5 см. Площадь каждой ячейки составляет 1% от площади рамки. Внутри рамки, наложенной на пашню, подсчитывают число ячеек, занятых глыбами не менее чем наполовину. Среднее значение из 3...5 замеров показывает степень глыбистости обработанного участка, допустимое значение этой величины - 15%.

Гребнистость пашни определяют в 10...15-кратной повторности, измеряя высоту гребней и глубину борозд, в том числе свальных гребней и развальных борозд, используя бороздомер или две линейки.

Степень заделки пожнивных остатков, минеральных и органических удобрений, отсутствие огрехов (слитность пашни), прямолинейность рядов пахоты, качество запашки поворотных полос и краевых участков поля контролируют визуально.

Общую оценку качества выполненной работы выражают средним коэффициентом качества по результатам оценки отдельно каждого показателя согласно данным табл. 2.6.

Таблица 2.6. Оценка качества вспашки

Показатель	Норматив	Коэффициент качества
Отклонение от заданной глубины обработки, см	До ±1	1.0
	От ±1 до ±2	0,9
	Более ±2	0
Гребнистость, см	До 3	1.0
	От 3 до 5	0,9
	Более 5	0
Глыбистость, %	До 10	1.0
	От 10 до 15	0,9
	Более 15	0,8
Выравненность, %	До 5	1.0
	От 5 до 7	0,9
	Более 7	0,8

Результаты оценки вносят в учетный лист тракториста-машиниста.

При нарушении установленных допусков отдельно по каждому из двух первых показателей вспашки работу бракуют независимо от оценки ее по другим показателям.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы агротребования к вспашке ?
2. Как выбрать скоростной режим МТА на рабочем ходу при вспашке ?
3. Как выбрать скоростной режим МТА на холостом ходу при вспашке ?
4. Как выбрать скоростной режим МТА в режиме ближнего транспорта?
5. Каковы основные факторы, влияющие на выбор передачи трактора ?
6. Как определить показатели загрузки двигателя трактора по мощности на различных режимах работы МТА ?
7. Как определить показатели использования тяговых возможностей трактора?
8. Как рассчитать часовой расход топлива на различных режимах работы МТА ?
9. Как обосновывается выбор вида поворота (разворота) МТА при выполнении вспашки ?
10. Поясните словами схему движения МТА при выполнении вспашки.
11. Обоснуйте и поясните словами схему движения МТА при вспашке поворотных полос.
12. С использованием приведенных в рабочей тетради схем расскажите о подготовке поля к работе МТА.
13. Каков физический смысл величин «коэффициент рабочих ходов» и «коэффициент поворотов»?
14. Как определяются нормируемые непроизводительные затраты времени смены ?
15. Как рассчитать чистое время работы за смену ?
16. Что такое полный коэффициент использования времени смены, как он определяется ?
17. Как рассчитываются основные технико-экономические характеристики МТА ?
18. Как рассчитываются основные энергетические характеристики МТА ?
19. Каковы пути повышения производительности и снижения затрат труда при работе МТА ?
20. Каковы пути снижения гектарного расхода топлива при работе МТА ?
21. Какова взаимосвязь степени использования мощностных характеристик трактора в составе МТА с его технической производительностью ?

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое обеспечение земледелия: учеб. пособие / А.В.Новиков [и др.]. Минск: БГАТУ, 2006. 384 с.
2. Улахович А.Е., Валоженич Г.А., Гордеенко О.В. Кинематические характеристики машинно-тракторных агрегатов и рабочих участков/Методические указания . Горки, 2016. – 47 с.
3. Сергеев, В.С. Валоженич Г.А., Улахович А.Е. Технология механизированных работ в растениеводстве / В.С.Сергеев, Г.А. Валоженич, А.Е.Улахович. Минск : Экоперспектива, 2009.120 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Исходные данные

Вариант	Марка трактора	Способ агрегатирования	Уклон в направлении движения, $i, \%$	Способ движения	Удельное сопротивление $k_0, \text{кН/м}^2$	Размеры участка прямоугольной формы, м	
						$L_{\text{уч}}$	$S_{\text{уч}}$
1	2	3	3	4	5	6	7
1	БЕЛАРУС 82.1	навес.	3,3	Ч	92	894	279
2	БЕЛАРУС 892	навес.	3,6	Ч	55	709	427
3	БЕЛАРУС 952.3	навес.	3,2	Ч	87	1196	275
4	БЕЛАРУС 920.3	навес.	2,5	Ч	76	613	208
5	БЕЛАРУС 1025.2	навес.	3,5	Ч	78	1291	183
6	БЕЛАРУС 1221.3	п/навес. (п/прицеп.)	2,9	Ч	95	1071	369
7	БЕЛАРУС 1523.3	п/навес. (п/прицеп.)	1	Ч	60	488	229
8	БЕЛАРУС 3022.2	п/навес. (п/прицеп.)	1,5	Ч	70	761	416
9	БЕЛАРУС 3522	п/навес. (п/прицеп.)	1,4	Ч	87	1477	166
10	БЕЛАРУС 82.1	навес.	3,2	П	76	1104	209
11	БЕЛАРУС 892	навес.	2,3	П	61	540	404
12	БЕЛАРУС 952.3	навес.	2,4	П	69	1355	186
13	БЕЛАРУС 920.3	навес.	3,7	П	90	1166	159
14	БЕЛАРУС 1025.2	навес.	3,6	П	62	480	209
15	БЕЛАРУС 1221.3	п/навес. (п/прицеп.)	1,7	П	95	1461	289
16	БЕЛАРУС 1523.3	п/навес. (п/прицеп.)	1,6	П	60	406	343
17	БЕЛАРУС 3022.2	п/навес. (п/прицеп.)	3,6	П	60	814	300
18	БЕЛАРУС 3522	п/навес. (п/прицеп.)	1,5	П	74	841	291
19	БЕЛАРУС 82.1	навес.	2,8	Ч	73	613	261

Продолжение приложения А

1	2	3	3	4	5	6	7
20	БЕЛАРУС 892	навес.	3,4	Ч	85	427	417
21	БЕЛАРУС 952.3	навес.	3,4	Ч	74	1342	165
22	БЕЛАРУС 920.3	навес.	3,3	Ч	68	986	397
23	БЕЛАРУС 1025.2	навес.	3,1	Ч	59	1297	269
24	БЕЛАРУС 1221.3	п/навес. (п/прицеп.)	1,6	Ч	55	1281	372
25	БЕЛАРУС 1523.3	п/навес. (п/прицеп.)	2,5	Ч	88	1092	360
26	БЕЛАРУС 3022.2	п/навес. (п/прицеп.)	1,1	Ч	94	567	362
27	БЕЛАРУС 3522	п/навес. (п/прицеп.)	2,6	Ч	90	836	448
28	БЕЛАРУС 82.1	навес.	1,5	П	80	1407	306
29	БЕЛАРУС 892	навес.	3,7	П	64	1441	370
30	БЕЛАРУС 952.3	навес.	1,8	П	71	1359	367
31	БЕЛАРУС 920.3	навес.	3	П	94	1166	170
32	БЕЛАРУС 1025.2	навес.	2,6	П	69	898	293
33	БЕЛАРУС 1221.3	навес.	3,2	П	74	972	232
34	БЕЛАРУС 1523.3	навес.	2,6	П	91	822	394
35	БЕЛАРУС 3022.2	п/навес. (п/прицеп.)	3,3	П	91	847	189
36	БЕЛАРУС 3522	п/навес. (п/прицеп.)	2,2	П	74	1112	985
37	БЕЛАРУС 82.1	навес.	1,7	Ч	76	1285	269
38	БЕЛАРУС 892	навес.	1,6	Ч	75	1321	556
39	БЕЛАРУС 952.3	навес.	3,4	Ч	67	1361	497
40	БЕЛАРУС 920.3	навес.	1,7	Ч	81	1138	304
41	БЕЛАРУС 1025.2	навес.	2,2	Ч	69	1369	284
42	БЕЛАРУС 1221.3	навес.	2,5	Ч	93	1124	275

Продолжение приложения А

1	2	3	3	4	5	6	7
43	БЕЛАРУС 1523.3	навес.	2,4	Ч	92	1156	576
44	БЕЛАРУС 3022.2	п/навес. (п/прицеп.)	1,8	Ч	68	1151	424
45	БЕЛАРУС 3522	п/навес. (п/прицеп.)	2,7	Ч	91	827	472
46	БЕЛАРУС 82.1	навес.	2,5	П	88	991	337
47	БЕЛАРУС 892	навес.	1,1	П	74	1329	402
48	БЕЛАРУС 952.3	навес.	1,4	П	81	896	469
49	БЕЛАРУС 920.3	навес.	2,5	П	92	1129	441
50	БЕЛАРУС 1025.2	навес.	1,7	П	81	1248	310

Ч – челночный; П – перекрытием

Приложение Б

Техническая характеристика плугов

Марка плуга	Способ агрегатирования	Ширина захвата плуга В _к , м	Масса, кг	Габаритные размеры, м	
				длина, м	ширина, м
1	2	3	4	5	6
ОАО «Минский завод шестерён»					
ПОН-3-40	Навес.	1,2	880	3,2	1,9
ПОН-4-40	Навес.	1,6	1100	4,05	2,3
ПО-4-40	п/навес.	1,6	2450	5,7	2,85
ПО-(4+1)-40	п/навес.	2,0	2830	6,95	2,85
ОАО «Оршаагропромаш»					
ПОПР-5-40	п/навес.	2	2750	3,18	1,63
ПОПГ-4-40	п/навес.	1,6	2300	2,78	1,63
ДП «Минойтовский ремонтный завод»					
ППО-6-40-01	п/навес.	2,4	3150	8,5	3,3
ППО-7-40-01	п/навес.	2,8	4050	10	4
ППО-7-40К	п/навес.	2,8	5100	10	4
ПНО-3-35	навес.	1,05	750	2,65	2
ПНО-3-40/55	навес.	1,2; 1,35; 1,5; 1,65	1120	4,2	2
ППО-(4+1)-40КЗ	п/навес.	1,6; 2	3150	8,3	2,9
ППО-9-45К	п/навес.	4,05	5900	13,2	4,55
ППО-8-40-01	п/навес.	3,2	4200	11,8	3,8
ППО-8-40К	п/навес.	3,2	5500	12	4
ППО-8-45-01	п/навес.	3,6	5500	12	4,15

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6
ППО-9-45-01	п/навес.	4,05	5500	13,2	4,55
ППРО-12-01	п/прицеп.	5,04	7500	20,3	5,4
ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод»					
ПО-8-40	п/навес.	3,2	3870	10,9	3,7
ПО-4+1-40К	п/навес.	2	2480	7,04	2,75
ПО-4-40К	п/навес.	1,6	2120	2,86	1,71
ОАО «Дрогичинский трактороремонтный завод»					
ПНО-(3+1)-42	навесной	1,28; 1,44; 1,68	1320	4,3	1,99
РУП «Сморгонский агрегатный завод»					
ППО.9.30/45	п/навес.	2,7...4,05	7100	14,8	4,9

Приложение В

Значения коэффициентов сопротивления качению колесных тракторов f_p и ходовых колес сельскохозяйственных машин f_k

Условия движения	f_p	f_k
Целина, залежь, плотная дернина, сильно уплотнённая стерня (суглинок)	0,03...0,06	0,05...0,07
Стерня	0,06...0,08	0,07...0,09
Влажная стерня	0,08...0,10	0,09...0,11
Слежавшаяся пашня	0,10...0,12	0,12...0,15
Луг, пастбище	0,08...0,10	0,09...0,11
Дорога с цементно-бетонным или асфальтированным покрытием	0,018...0,022	0,03...0,04
Дорога с щебенчатым или гравийным покрытием	0,03...0,04	0,04...0,05
Дорога грунтовая сухая	0,03...0,05	0,04...0,06

Окончание приложения Г

Марка трактора	БЕЛАРУС 3522.2									
Режим эксплуатации	Показатели	Значения показателей на передачах								
		Шд1	Пд3	Шд2	Пд4	Шд3	Пд5	Шд4	IVд1	Пд6
P _{кр} =0 (холостой ход трактора)	v _х , км/ч	7,7	8,6	9,3	10,4	11,5	12,7	13,9	15,4	15,4
	G _{тх} , кг/ч	25,3	26,1	27,0	28,2	29,4	30,6	32,0	33,5	33,5
P _{кр} =P _{крн} (максимальная тяговая мощность)	P _{крн} ,кН	94,2	82,0	74,1	64,0	56,4	48,8	43,0	36,9	36,7
	N _{кр макс} ,кВт	133,9	142,7	146,6	149,5	149,8	148,1	145,3	140,5	140,4
	v _{рпн} , км/ч	5,11	6,27	7,12	8,40	9,55	10,93	12,16	13,72	13,76
	δ, %	29,6	23,0	19,3	15,0	12,2	9,7	7,9	6,3	6,3
	G _{пн} , кг/ч	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7

Приложение Д

Техническая характеристика тракторов

Показатели	Обозначение	Марки тракторов								
		БЕЛАРУС 82.1	БЕЛАРУС 892	БЕЛАРУС 9523	БЕЛАРУС 920.3	БЕЛАРУС 1025.2	БЕЛАРУС 1221.3	БЕЛАРУС 1523.3	БЕЛАРУС 3022.2	БЕЛАРУС 3522
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Масса, кг: эксплуатационная	m _{тр}	4000	4150	4100	4300	4480	5800	6000	11500	12300
максимально допустимая		6300	7000	7000	7000	7000	8000	9000	18000	20000
Кинематическая длина*, м	l _{тр}	1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	1,2/1,3	1,25/1,35	1,25/1,35	1,35/1,4	1,35/1,4
Минимальный радиус поворота, мм	R _{min}	4,1	4,1	4,1	4,1	4,9	5,4	5,5	6,5	6,5
Шина задних колес, м		15,5R38	18,4R38	16,9R38	18,4R34	18,4R34	18,4R38	520/70R38	620/70R42	710/70R42
Радиус обода задних колес, м	r ₀	0,483	0,483	0,483	0,432	0,432	0,483	0,483	0,533	0,533

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Высота шины задних колес, м	$h_{ш}$	0,302	0,392	0,354	0,302	0,302	0,392	0,364	0,434	0,497
Марка двигателя		Д243С-404 Э	Д245.5-664	Д245.5 S2	Д-245.43 S2	Д-245	Д-260.2S ₂	Д-260.1S ₂	BF06M 1013FC	TCD 2013 L06.4V
Номинальная мощность двигателя, кВт	$N_{ен}$	59,6	65	70	62	77	96,9	116	222,8	261
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹	n_n	2200	1800	1800	1800	2200	2100	2100	2300	2200
Удельный расход топлива, г/кВтч	$g_{ен}$	226	217	220	229	236	235	250	248	250
Часовой расход топлива при номинальной мощности, кг/ч	$G_{гн}$	13,47	14,11	15,40	14,20	18,17	22,77	29,00	55,25	65,25
Часовой расход топлива при максимальных оборотах холостого хода, кг/ч	$G_{хх}$	3,37	3,53	3,85	3,55	4,54	5,69	7,25	13,81	16,31
Часовой расход топлива на остановках с работающим двигателем, кг/ч	$G_{то}$	1,18	1,23	1,35	1,24	1,59	1,42	1,81	3,45	4,08

- в числителе указан навесной вариант агрегатирования, в знаменателе прицепной.

Приложение Е

Зависимости для определения кинематических характеристик рабочего участка и коэффициента рабочих ходов при различных способах движения







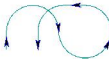
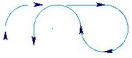
Коэффициент рабочих ходов	Ширина поворотной полосы, м	Ширина загона оптимальная, м
Челночный		
$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R + 2e}$	$E = 2,8R + 0,5d_k + e$	
Перекрытием		
$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + 1,14R + 2e}$	$E = 1,1R + 0,5d_k + e$	$C_{орт} = (4 \dots 10)R$

Передаточные числа трансмиссий (i_{np}) тракторов (передний ход)

БЕЛАРУС 82.1		БЕ- ЛАРУС 892	БЕЛАРУС 952.3		БЕЛА- РУС 920.3	БЕЛАРУС 1025.2		БЕЛА- РУС 1221.3	БЕЛА- РУС 1523.3	БЕЛАРУС 3022.2		БЕЛА- РУС 3522
Передача	i_{np}	i_{np}	Передача	i_{np}	i_{np}	Передача	i_{np}	i_{np}	i_{np}	Передача	i_{np}	i_{np}
1п	330	257,41	1п	269,84	212,67	1д1	282,2	303,8	387,9	1д1	304,29	335,24
1	241,9	188,69	1д1	204,3	161,02	1д2	235,2	269,8	344,5	1д2	250,6	276,09
2п	187,5	146,26	1д2п	94,4	74,40	1д3	193,4	206,6	263,8	1д3	203,23	223,9
2	142	110,76	1д2	71,51	56,36	1д4	159,9	171,2	218,6	1д4	167,37	184,39
3п	110,2	85,96	1д3п	79,56	62,70	1д1	145,5	130,9	167,1	1д5	136,82	150,74
3	83,5	65,13	1д3	60,22	47,46	1д2	130,2	107,6	137,4	1д6	112,68	124,14
4п	90	70,20	1д1п	160,69	126,65	1д3	107	89	113,6	1д1	126,79	139,69
4	68	53,04	1д1	121,71	95,93	1д4	88,5	79,9	102,0	1д2	104,42	115,04
5п	75,8	59,13	1д2п	55,54	43,77	1д1	74,3	73,8	94,2	1д3	84,68	93,29
5	57,4	44,77	1д2	42,06	33,15	1д2	60,4	65,7	83,9	1д4	69,74	76,83
6п	64,8	50,55	1д3п	47,28	37,26	1д3	48,9	54,4	69,5	1д5	57,01	62,81
6	49	38,22	1д3	35,53	28,00	1д4	41,1	45,1	57,6	1д6	46,95	51,72
7п	52,7	41,11	1д4п	25,26	19,91	1д1	32,8	34,5	44,1	1д1	94,91	104,56
7	39,9	31,12	1д4	19,13	15,08	1д2	26,7	28,3	36,1	1д2	78,16	86,11
8п	44,5	34,71				1д3	21,9	23,4	29,9	1д3	63,38	69,83
8	33,7	26,29				1д4	18,1	19,4	24,8	1д4	52,2	57,51
9п	24,69	19,26								1д5	42,67	47,01
9	18,1	14,12								1д6	35,15	38,72
										1д1	47,08	51,87
										1д2	38,78	42,72
										1д3	31,45	34,65
										1д4	25,9	28,53
										1д5	21,17	23,32
										1д6	17,44	19,21

* – здесь и далее: «1д» – номер диапазона;
«1» – номер передачи;
«1д» - включен понижающий редуктор

Схемы поворотов МТА, их длина и ширина поворотной полосы при вспашке

Вид поворота	Схема поворота	Расчетные формулы	
		Длина холостого заезда, l_x	Ширина поворотной полосы, E
2	3	4	5
беспетлевой дугообразный		$(3, 2 \dots 4)R + 2e$	$1, 1R + 0, 5d_k + e$
беспетлевой с прямолинейным участком		$(1, 4 \dots 2)R + 2e + x$	$1, 1R + 0, 5d_k + e$
петлевой грушевидный		$(6, 6 \dots 8)R + 2e$	$2, 8R + 0, 5d_k + e$
петлевой восьмеркообразный		$(8 \dots 9)R + 2e$	$3R + 0, 5d_k + e$
грибовидный с открытой петлей		$(4, 1 \dots 5)R + 2e$	$1, 1R + 0, 5d_k + e$
грибовидный с закрытой петлей		$(5 \dots 5, 5)R + 2e$	$1, 1R + 0, 5d_k + e$
петлевой грушевидный с боковым выездом		$(10 \dots 11)R + 2e$	$1, 1R + 0, 5d_k + e$
петлевой восьмеркообразный с боковым выездом		$(12 \dots 13)R + 2e$	$1, 1R + 0, 5d_k + e$