

## 5 Транспортно-производственные процессы

### 5.1 Классификация транспортно-производственных процессов

По виду операций транспортно-производственные процессы в сельскохозяйственном производстве подразделяются на:

- сборочно-транспортные, при которых происходит сбор материала с территории полевых плантаций и их транспортирование (например, сбор и вывозка урожая с полей);

- транспортно-распределительные, при которых происходит транспортирование и распределение материала по территории полевых плантаций (например, транспортирование и внесение удобрений);

- сборочно-транспортно-распределительные, при которых происходит сбор материалов с территории полевых плантаций, их транспортирование и распределение материала по территории плантаций (например, сбор зеленой массы, транспортирование и распределение в животноводческой ферме).

Для других отраслей народного хозяйства примерами сборочно-транспортных процессов являются, уборка дорог, аэродромов и других территорий от мусора и снега и их транспортирование и выгрузка на свалке. Примерами транспортно-распределительных процессов являются погрузка, транспортирование и распределение песка, щебня, бетона и асфальта по дорожному полотну и др.

По соотношению полевых и транспортных машин транспортно-производственные процессы подразделяются на виды (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Классификация транспортно-производственных процессов по соотношению полевых машин и обслуживающих транспортных средств (ТС)

Виды транспортно-производственных процессов	Соотношение машин в процессе
Однопозиционные однопоточные	Одна полевая машина обслуживается одним транспортным средством
Однопозиционные многопоточные	Одна полевая машина обслуживается несколькими транспортными средствами
Многопозиционные однопоточные	Несколько полевых машин обслуживаются одним транспортным средством
Многопозиционные многопоточные	Несколько полевых машина обслуживаются несколькими транспортными средствами

По признакам, характеризующим работу подвижного состава автомобильного и тракторного транспорта при комбайновой уборке и вывозке урожая, сборочно-транспортные процессы классифицируются в соответствии с таблицей 5.2.

Таблица 5.2 – Общая классификация сборочно-транспортных процессов

Классификационный признак	Виды (организация) сборочно-транспортных процессов	Характеристика сборочно-транспортных процессов
1	2	3
По соотношению уборочных машин и обслуживающих их транспортных средств	Однопозиционные однопоточные	Одиночная работа уборочных машин бункерного типа и машин, сгружающих убираемый материал на поверхность поля
	Однопозиционные многопоточные	Одиночная работа уборочных машин всех типов (без бункерного и бункерного типов и машин, сгружающих убираемый материал на поверхность поля). Обслуживание несколькими ТС
	Многопозиционные однопоточные	Групповая работа уборочных машин бункерного типа и машин, сгружающих убираемый материал на поверхность поля Обслуживание одним ТС
По способу закрепления транспортных средств за уборочными машинами	Индивидуальное (жесткое) закрепление каждой транспортной единицы за определенной уборочной машиной	Одиночная и групповая работа уборочных машин всех типов
	Нежесткое закрепление транспортных средств за уборочными машинами	Групповая работа уборочных машин
По способу выгрузки убираемого материала из уборочной машины	С остановкой уборочной машины	При работе уборочных машин бункерного типа и машин, сгружающих убираемый материал на поверхность поля
	На ходу уборочной машины	При работе уборочных машин бункерного и безбункерного типов
По числу разгрузок бункера уборочной машины	Одноразовая разгрузка бункера уборочной машины	При условии, если грузоподъемность транспортного средства меньше или равна грузоподъемности бункера уборочной машины (при одиночной работе) или суммарной грузоемкости бункеров обслуживаемых уборочных машин (при групповой работе)
	Многоразовая разгрузка бункера уборочной машины	При условии, если грузоподъемность транспортного средства превышает грузоемкость бункера уборочной машины или группы обслуживаемых уборочных машин

1	2	3
По способу загрузки убираемого материала в транспортные средства	Непосредственно из уборочной машины: а) через выгрузной транспортер уборочной машины б) из бункера уборочной машины С предварительной выгрузкой материала из уборочной машины на поверхность поля и последующей загрузкой ТС самостоятельным погрузчиком	При работе уборочных машин безбункерного типа При работе уборочных машин бункерного типа При работе уборочных машин, сгружающих убираемый материал на поверхность поля
По способу организации обслуживания сельскохозяйственных машин в поле	Раздельная работа ТС и обслуживаемых сельскохозяйственных машин  Работа ТС в сцепе с обслуживаемыми сельскохозяйственными машинами	Обслуживание сельскохозяйственных машин автомобилями и тракторными поездами (самоходными шасси) Работа специализированных прицепов в сцепе с уборочными машинами (агрегатами)
По схеме организации перевозок от полевых машин к местам переработки или хранения материала	Беспереvalочные перевозки: а) прямые  б) комбинированные  Перевозка с перевалкой материала при его вывозке с поля на дорогу: а) с непосредственной погрузкой из одних ТС в другие  б) с промежуточными компенсаторами-накопителями	Сбор и перевозка убираемого материала одним и тем же ТС  Сбор убираемого материала прицепами на тракторной тяге, а перевозка прицепов по дороге от комбайна автомобилем Сбор и перевозка убираемого материала различными типами ТС Выполнение сборочных операций ТС с подъемноопрокидывающими кузовами или с другими перегрузочными устройствами Сбор и перевозка убираемого материала различными типами ТС. Наличие вблизи полевых плантаций компенсаторов-накопителей (в том числе в виде кагатов и буртов)

По виду выполняемых рабочих операций машины в сельскохозяйственном производстве, обслуживаемые транспортными средствами, подразделяются на три группы, приведенные в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Классификация машин в сельскохозяйственном производстве по характеру рабочих операций

Группы машин	Примеры	Единицы измерения производительности машин
Машины, осуществляющие основные и сопутствующие операции только при движении	Уборочные машины с разгрузкой материала на ходу; разбрасыватели удобрений; некоторые типы погрузчиков-подборщиков; большинство полевых машин, не выполняющих сопутствующих операций (сеялки, плуги и др.)	га, т, шт.
Машины, осуществляющие основные операции только при движении, а сопутствующие - при остановке	Уборочные машины бункерного типа с разгрузкой при остановке; транспортные средств, оборудованные разгрузочными (погрузочными) устройствами, бортовые транспортные средства и т.п.	га, т, т-км
Машины, осуществляющие основные и сопутствующие операции при остановке	Машины и агрегаты стационарного и полустационарного типов (зерноочистительно-погрузочные агрегаты, сортировально-погрузочные машины и т.д.), большинство погрузочно-разгрузочных машин и устройств и др.	га, т, шт.

По соотношению внутримашинных и рабочих циклов  $\frac{t_{вм}}{t_{ц}}$  машины в сельскохозяйственном производстве подразделяются на три класса, указанные в табл. 5.4.

Таблица 5.4 - Классификация машин по соотношению циклов

Соотношение циклов	Примеры	Характерный признак машин
1	2	3
$\frac{t_{вм}}{t_{ц}} = 1$	Уборочные машины бункерного и безбункерного типа	Обработка (перемещение) каждой последующей партии материала (соответствующей емкости бункера уборочной машины, кузова транспортного средства или разбрасывателя удобрений, рабочего органа погрузчика и т.п.) только после окончания обработки предыдущей партии
$\frac{t_{вм}}{t_{ц}} > 1$	Погрузочно-разгрузочные машины непрерывного действия с механическими питателями периодического действия или загрузкой вручную	Начало обработки каждой последующей партии материала ранее окончания обработки предыдущей партии

1	2	3
$\frac{t_{вм}}{t_{ц}} < 1$	Транспортные машины (подвижной состав автомобильного и тракторного транспорта); погрузочно-разгрузочные машины прерывного действия	Начало обработки (перемещения) каждой последующей партии материала только через определенный промежуток времени после окончания обработки предыдущей партии

## 5.2 Структуры циклов транспортно-производственных процессов

Схема организации процесса, характеризующая определенное сочетание операций и состав оперативного времени, является классификационным признаком структуры процесса.

В однопозиционных однопоточных процессах оперативное время соответствует продолжительности выполнения цикла транспортно-производственного процесса  $T_{оп} = T_{ц}$ . В многопозиционных многопоточных процессах оперативное время определяется путем деления продолжительности операций базового и транспортного циклов соответственно на число позиций и потоков.

Устанавливаются следующие виды совмещения операций по времени:

- совмещение операций базового и транспортного циклов в однопозиционных однопоточных процессах ( $\tau_c$ ), а также в других видах процессов ( $\tau_{с.гп}$ );
- совмещение операций базовых циклов в многопозиционных процессах ( $\tau_{с.б}$ );
- совмещение отдельных транспортных циклов в многопоточных процессах ( $\tau_{с.тп}$ );
- наложение отдельных операций внутри базового ( $\tau_{н.б}$ ) и транспортного ( $\tau_{н.тп}$ ) цикла.

Оперативное время транспортно-распределительного процесса

$$T_{оп}^{TP} = (t'_{ц.б} - \tau'_{н.б} + t'_{ц.тп} - \tau'_{н.тп}) - \tau_c, \quad (5.1)$$

где  $t'_{ц.б}$ ,  $t'_{ц.тп}$  - соответственно номинальная (без учета наложения) продолжительности операций базового и транспортного циклов.

Оперативное время сборочно-транспортного процесса

$$T_{оп}^{CT} = (t_{нап} + t'_{б} - \tau_{б} + t_{дв} + t'_{п} - \tau_{п} + t'_{р} - \tau_{р} + t'_{п.о} - \tau_{п.о}) - \tau_c, \quad (5.2)$$

где  $t_{нап}$  - продолжительность движения уборочной машины при наполнении ее бункера или кузова подвижного состава;  $t_{дв}$  - продолжительность движения по-

движного состава;  $t_{\bar{\sigma}}^{\prime}$  - номинальная продолжительность выгрузки материала из бункера уборочной машины;  $\tau_{\bar{\sigma}}$  - продолжительность наложения выгрузки материала из бункера уборочной машины;  $t_{\Pi}^{\prime}$ ,  $t_{P}^{\prime}$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime}$  - соответственно номинальная продолжительность операций погрузки, разгрузки и прочих регламентируемых остановок подвижного состава;  $\tau_{\Pi}$ ,  $\tau_P$ ,  $\tau_{\Pi.O}$  - продолжительность наложения соответствующих операций транспортного цикла.

Примечание. Продолжительности  $t_{НАП}$  и  $t_{ДВ}$  принимаются несовмещенными с другими операциями, поскольку при отсутствии хотя бы одной из них процесс прекращается.

Состав времени операций базового цикла и соотношение номинальной продолжительности этих операций и продолжительности наложения характеризуют ту или иную категорию процесса.

Состав времени операций транспортного цикла и соотношение номинальной продолжительности этих операций и времени их наложения характеризуют группу процесса.

Состав времени совмещения операций базового и транспортного циклов между собой характеризуют тот или иной класс процесса.

Категории:

А)  $t_{\bar{\sigma}}^{\prime} - \tau_{\bar{\sigma}} \neq 0$

Б)  $t_{\bar{\sigma}}^{\prime} - \tau_{\bar{\sigma}} = 0$

Группы:

1.  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} \neq 0$ ,  $t_P^{\prime} - \tau_P \neq 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} = 0$ ;

2.  $t_P^{\prime} - \tau_P = 0$ ,  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} \neq 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} \neq 0$ ;

3.  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} = 0$ ,  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} \neq 0$ ,  $t_P^{\prime} - \tau_P \neq 0$ ;

4.  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} = 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} \neq 0$ ,  $t_P^{\prime} - \tau_P \neq 0$ ;

5.  $t_P^{\prime} - \tau_P = 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} = 0$ ,  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} \neq 0$ ;

6.  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} = 0$ ,  $t_P^{\prime} - \tau_P = 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} \neq 0$ ;

7.  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} = 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} = 0$ ,  $t_P^{\prime} - \tau_P \neq 0$ ;

8.  $t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} = 0$ ,  $t_P^{\prime} - \tau_P = 0$ ,  $t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} = 0$ .

Классы:

I  $\tau_C = \tau_{C_I} = t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O} + t_{\Pi}^{\prime} - \tau_{\Pi} - T_{ОП}$

(частичное совмещение базового и транспортного циклов);

II  $\tau_C = \tau_{C_{II}} = t_{\Pi.O}^{\prime} - \tau_{\Pi.O}$

(полное совмещение базового цикла с частью транспортного цикла).

Сборочно-транспортный процесс остается в категории А класса 1 до тех пор, пока  $t_{\bar{\sigma}}^{\prime} - \tau_{\bar{\sigma}} \neq 0$  и  $\tau_C = \tau_{C_I}$ . Процесс переходит в категорию Б того же класса при  $t_{\bar{\sigma}}^{\prime} - \tau_{\bar{\sigma}} = 0$ , что соответствует режиму работы уборочной машины

бункерного типа при загрузке подвижного состава на ходу. Процесс находится в категории Б, но переходит в класс II при  $t_{\text{б}}' - \tau_{\text{б}} = 0$  и  $\tau_{\text{с}} = \tau_{\text{сн}}$ , что соответствует режиму работы безбункерной уборочной машины с подвижным составом.

### 5.3 Расчет циклов транспортно-производственных процессов и транспортных циклов

Расчетные формулы, определяющие продолжительность цикла процесса, зависят от вида процесса и типа машин, работающих на сопряженных операциях.

Расчетные формулы для типичных транспортно-производственных процессов приведены в табл. 5.5., а их циклограммы – в табл. 5.6.

Таблица 5.5 - Расчетные формулы транспортно-производственных процессов в общем виде

Характеристика транспортно-производственных процессов	Расчетные формулы продолжительности цикла ( $T_{\text{ц}}$ )
Однопозиционный однопоточный с одноразовой выгрузкой бункера уборочной машины в транспортное средство	$t_{\text{ц.б}} + t_{\text{ц.тр}} - \tau_{\text{с}} \quad (5.3)$
Однопозиционный однопоточный с многократной выгрузкой бункера уборочной машины в транспортное средство либо загрузкой посевного агрегата из автозагрузчика	$n_{\text{ц.б}} \cdot t_{\text{ц.б}} + t_{\text{ц.тр}} - \tau_{\text{с}} \quad (5.4)$
Однопозиционный многопоточный с одноразовой выгрузкой бункера уборочной машины в каждое транспортное средство	$n_{\text{ц.б}} \cdot t_{\text{ц.б}} + t_{\text{ц.тр.гр}} - \tau_{\text{с.гр}} \quad (5.5)$
Многопозиционный однопоточный с одноразовой выгрузкой бункеров из каждой уборочной машины в транспортное средство либо загрузкой посевных агрегатов из автозагрузчика	$t_{\text{ц.б.гр}} + t_{\text{ц.тр}} - \tau_{\text{с.гр}} \quad (5.6)$
Многопозиционный многопоточный с одноразовой выгрузкой от каждой уборочной машины в каждое транспортное средство	$t_{\text{ц.б.гр}} + t_{\text{ц.тр.гр}} - \tau_{\text{с.гр}} \quad (5.7)$
Однопозиционный многопоточный с загрузкой транспортных средств из безбункерной уборочной машины или из бункерной при выгрузке на ходу	$n_{\text{ц.б}} \cdot t_{\text{ц.б}} + t_{\text{ц.тр.гр}} - \tau_{\text{с.гр}}$ (где $\tau_{\text{с.гр}} = N_{\text{ц.б}} \cdot t_{\text{ц.б}}$ ) $(5.8)$

Продолжительность базового цикла транспортно-распределительного процесса

$$t_{\text{ц.б}} = t_3 + t_p, \quad (5.9)$$

где  $t_3$  – продолжительность загрузки бункера базовой машины или агрегата для распределения материала (сеялки, прицепа-разбрасывателя удобрений и т.п.);  $t_p$  – продолжительность распределения материала по площади, ч.

Таблица 5.6 - Циклограммы транспортно-производственных процессов





загрузчика, т/ч.

Коэффициент использования грузоподъемности базовой машины определяется

$$\gamma_{\delta} = \frac{\partial \Omega_{\delta}}{\varepsilon_{\delta}}, \quad (5.11)$$

где  $\Omega_{\delta}$  – вместимость бункера, м<sup>3</sup>;  $\partial$  – объемный вес распределяемого материала, т/м<sup>3</sup>.

Продолжительность распределения материала по площади определяется

$$t_p = \frac{1000 \cdot \varepsilon_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{b_p \cdot v_p \cdot h_p \cdot \varphi_p}, \quad (5.12)$$

где  $b_p$  – рабочая ширина распределения материала, м;  $v_p$  – рабочая скорость движения при распределения материала, км/ч;  $h_p$  – норма распределения (внесения) материала, ц/га;  $\varphi_p$  – коэффициент использования рабочих ходов базовой машины или агрегата.

Коэффициент использования рабочих ходов базовой машины или агрегат определяется

$$\varphi_p = \frac{1}{1 + \frac{t_{x.x}}{t_{p.x.}}}, \quad (5.13)$$

где  $t_{p.x.}$  – продолжительность рабочих ходов, ч (мин);  $t_{x.x.}$  – продолжительность холостых ходов, ч (мин).

Продолжительность базового цикла сборочно-транспортного процесса в часах при обслуживании уборочных машин бункерного типа и загрузке подвижного состав с остановкой:

$$t_{ц.б.} = t_{нап} + t_{\delta} \quad (5.14)$$

где  $t_{нап}$  – продолжительность наполнения бункера уборочной машины, ч;  $t_{\delta}$  – продолжительность выгрузки материала из бункера, ч.

Продолжительность наполнения бункера уборочной машины

$$t_{нап} = \frac{q_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{W_{\kappa}}, \quad (5.15)$$

где  $W_{\kappa} = 0,01 \cdot b_p \cdot v_p \cdot h$  – производительность уборочной машины, т/ч;  $b_p$  – рабочая ширина захвата машины, м;  $v_p$  – рабочая скорость движения машины, км/ч;  $h$  – урожайность убираемой культуры, ц/га;

Продолжительность выгрузки материала из бункера

$$t_{\delta} = \frac{q_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{W_{\delta}}, \quad (5.16)$$

где  $W_{\delta}$  – производительность выгрузного транспортера бункера уборочной ма-

шины, т/ч.

Продолжительность базового цикла сборочно-транспортного процесса при обслуживании подвижным составом безбункерных уборочных машин в часах

$$t_{ц.б} = \frac{q \cdot \gamma}{W_k}, \quad (5.17)$$

где  $q$  - номинальная грузоподъемность подвижного состава, т;  $\gamma$  - коэффициент использования грузоподъемности подвижного состава.

При работе транспортных средств в однопозиционных однопоточных транспортно-распределительных процессах (например, при доставке и разбрасывании удобрений) продолжительность транспортного цикла, если транспортное средство, оборудованное разбрасывающим устройством, перевозит и распределяет материал по площади полевой плантации

$$t_{ц.тр} = t_n + t_{дв} + t_p, \quad (5.18)$$

Если транспортное средство-разбрасыватель удобрений - выполняет только операцию распределения (внесения) материала по площади, то продолжительность транспортного цикла

$$t_{ц.тр.} = t_n + t_p, \quad (5.19)$$

где  $t_n$  - продолжительность погрузки транспортного средства, ч;  $t_p$  - продолжительность разгрузки (внесения) материала, ч.

При работе транспортных средств в многопозиционных однопоточных и транспортно-распределительных процессах (например, при подвозе и загрузке семенного материала в сеялки с помощью автомобиля-загрузчика) продолжительность транспортного цикла

$$t_{ц.тр.} = t_n + t_{дв} + M_{б} \cdot t_p + (M_{б} - 1) \cdot t_{пер}, \quad (5.20)$$

где  $M_{б}$  - количество обслуживаемых агрегатов;  $t_p$  - продолжительность разгрузки материала в один агрегат, ч;  $t_{пер}$  - средняя продолжительность одного переезда между обслуживаемыми агрегатами, ч.

Продолжительность транспортного цикла для сборочно-транспортных процессов определяют по формулам, приведенным в табл. 5.7.

При сборе рассредоточенных в определенном порядке по площади грузовых масс (полевых) куч, тюков, контейнеров и т.п., продолжительность транспортного цикла

$$t_{ц.тр} = \frac{q \cdot \gamma}{W_n} + (n_{пол} - 1) \cdot t_{пер} + \frac{l_e'}{\beta_e' \cdot v} + t_p + t_{н.о}, \quad (5.21)$$

где  $\frac{q \cdot \gamma}{W_n}$  - продолжительность загрузки подвижного состава, ч;  $W_n$  - производи-

тельность погрузчика, т/ч;  $n_{пол} = \frac{q \cdot \gamma}{G_{нп}}$  - количество грузовых масс в поле, за-

гружаемых в подвижной состав;  $G_{пол}$  – величина одной грузовой массы (кучи, топки и т.п.), т;  $t_{пер}$  – средняя продолжительность переезда между двумя загружаемыми массами, ч.

Таблица 5.7 – Расчетные формулы продолжительности СТП

Характеристика СТП	Продолжительность транспортного цикла $t_{ц.тр}$
Однопозиционный с одноразовой выгрузкой бункера уборочной машины	$\frac{q\gamma}{W_6} + \frac{l_e}{\beta v} + t_p + t_{n.o}$ (5.22)
Однопозиционный с многоразовой выгрузкой бункера уборочной машины с остановкой	$\frac{n_{\delta.\delta} \cdot \varepsilon_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{W_{\delta}} + (n_{\delta.\delta} - 1) \cdot t_{\delta\delta} + \frac{l_e}{\beta v} + t_p + t_{i.i}$ (5.23)
	или $\frac{q\gamma}{W_{\delta}} + \frac{q\gamma - \varepsilon_{\delta}\gamma_{\delta}}{W_{\varepsilon}} + \frac{l_e}{\beta v} + t_p + t_{i.i}$ (5.24)
Однопозиционный с загрузкой транспортного средства из бункерной уборочной машины на ходу (при условии начала выгрузки при первом заполненном бункере)	$\frac{\varepsilon_{\delta}\gamma_{\delta}}{W_{\delta}} + \frac{q\gamma - \varepsilon_{\delta}\gamma_{\delta}}{W_{\varepsilon}} + \frac{l_e}{\beta v} + t_p + t_{i.i}$ (5.25)
Многопозиционный с одноразовой выгрузкой бункера из каждой уборочной машины в каждое из обслуживающих транспортных средств	$\frac{M_{\delta} \cdot \varepsilon_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{W_{\delta}} + (M_{\delta} - 1) \cdot t_{\delta\delta} + \frac{l_e}{\beta v} + t_p + t_{i.i}$ (5.26)
Однопозиционный с загрузкой транспортного средства из безбункерной уборочной машины либо из бункерной на ходу (при условии, что бункера не заполняются)	$\frac{q\gamma}{W_K} + \frac{l_e}{\beta v} + t_p + t_{i.i}$ (5.27)

Примечание:

$\frac{q \cdot \gamma}{W_{\delta}}$  - продолжительность загрузки подвижного состава из бункера уборочной машины;  $W_6$  – производительность выгрузного транспортера бункера уборочной машины;  $n_{ц.б.}$  – количество выгрузок бункера уборочной машины в транспортное средство (соответствующее количество базовых циклов);  $\frac{q\gamma - q_6 \cdot \gamma_6}{W_K}$  - при выгрузке бункера с остановкой эта величина соответствует продолжительности простоя подвижного состава в ожидании наполнения следующего бункера, ч; при выгрузке бункера на ходу эта величина соответствует продолжительности загрузки подвижного состава после выгрузки в него предварительно за-

полненного бункера, ч;  $\frac{q_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{W_{\delta}}$  - продолжительность выгрузки бункера, ч;  
 $\frac{M_{\delta} \cdot q_{\delta} \cdot \gamma_{\delta}}{W_{\delta}}$  - суммарная продолжительность загрузки подвижного состава обслуживаемыми уборочными машинами, ч;  $(M_{\delta} - 1) \cdot t_{пер}$  - суммарная продолжительность переездов между обслуживаемыми уборочными машинами ( $t_{пер}$  - средняя продолжительность одного переезда определяется путем хронометража), ч;  $\frac{q \cdot \gamma}{W_e}$  - продолжительность загрузки подвижного состава из уборочной машины на ходу, ч;  $t_p$  - продолжительность разгрузки подвижного состава (определяется путем хронометража), ч;  $t_{п.о}$  - продолжительность прочих регламентированных остановок подвижного состава (определяется путем хронометража), ч;  $\frac{l_e'}{\beta_e \cdot v}$  - продолжительность движения подвижного состава к обслуживаемым машинам и с полей после его загрузки, ч;  $l_e'$  - длина ездки, км;  $\beta_e$  - коэффициент использования пробега за езду;  $V$  - скорость движения транспортного средства, км/ч.

Метод расчета транспортных циклов при смешанных автомобильно-тракторных перевозках зависит от вида и схемы организации сборочно-транспортного процесса. Если процесс в звене поле-дорога прерывается во времени, транспортный цикл определяют отдельно для тракторного и автомобильного транспорта; если процесс в звене поле-дорога не прерывается, транспортный цикл определяют как единый, выполняемый последовательно каждым видом транспорта.

## 5.4 Оценочные показатели организационно-технического уровня ТПП

Основными факторами, определяющими организационно-технический уровень и эффективность выполнения этих процессов, являются:

- сокращение длительности цикла процесса в связи с совмещением операции базового и транспортного циклов;
- непрерывность и поточность процесса;
- ритмичность протекания процесса;
- надежность машин, осуществляющих отдельные операции.

Продолжительность совмещения базового и транспортного циклов:

- для однопозиционных процессов (однопоточных и многопоточных)

$$\tau_{c(эп)} = \sum_1^{n_{\delta}} t_{\delta} + \sum_1^{M_{TP}} t_{\delta.тр} - T_{\delta}, \quad (5.28)$$

- для многопоточных процессов (однопоточных и многопоточных)

$$\tau_{c(эp)} = \sum_1^{M_{\delta}} \sum_1^{n_{ц.б}} t_{ц.б} + \sum_1^{M_{TP}} t_{ц.мр} - T_{ц} . \quad (5.29)$$

где  $M_{\delta}$ ,  $M_{TP}$  – соответственно количество базовых машин и транспортных средств;  $n_{ц.б}$  – количество циклов одной базовой машины.

Длительность цикла процесса.

Показатель, характеризующий степень сокращения длительности цикла процесса в связи с совмещением операций базового и транспортного циклов между собой

$$\alpha_{ц} = 1 - \frac{T_{ц}}{\sum_1^{M_{\delta}} \sum_1^{n_{ц.б}} t_{ц.б} + \sum_1^{M_{мр}} t_{ц.мр}} , \quad (5.30)$$

Определение показателей непрерывности и поточности процесса

Коэффициент непрерывности транспортно-производственного процесса, характеризующий непрерывностью обработки материала

$$K_{непр} = 1 - \alpha_{н.н} , \quad (5.31)$$

где  $\alpha_{н.н} = \frac{\sum_1^{n_{оп}-1} t_{прол}}{T_{ц.мат}}$  – показатель, характеризующий затраты времени, вызывающие нарушение непрерывности процесса;  $\sum_1^{n_{оп}-1} t_{прол}$  – несовмещенное суммарное

время пролеживания материала в транспортно-производственном процессе;  $T_{ц.мат}$  – общая продолжительность нахождения материала в транспортно-производственном процессе (с учетом времени обработки, перемещения и пролеживания материала);  $n_{оп}$  – количество операций в ТПП.

Коэффициент поточности транспортно-производственного процесса, характеризующий бесперебойность работы машин на отдельных операциях

$$K_{ном} = 1 - \alpha_{н.н} , \quad (5.32)$$

где  $\alpha_{н.н} = \frac{\sum_1^{n_{оп}} t_{ост}}{T_{ц.маш}}$  – показатель, характеризующий затраты времени, вызывающие нарушение поточности процесса;  $\sum_1^{n_{ог}} t_{т\bar{o}}$  – несовмещенное суммарное время

регламентированных остановок машин в ТПП;  $T_{ц.маш}$  – общая продолжительность работы и регламентированных остановок машин в ТПП.

Примечание: При равенстве длительности обработки материала и работы машин, а также длительности пролеживания материала и остановки машин один из коэффициентов ( $K_{непр}$  или  $K_{пот}$ ) одновременно определяет степень непрерывности и поточности процесса.

В табл. 5.8 указан характер протекания транспортно-производственных процессов в зависимости от значений коэффициентов непрерывности и поточности.

Таблица 5.8 - Характер процесса в зависимости от  $K_{\text{непр}}$  и  $K_{\text{пот}}$

Значения коэффициентов	Режим процесса
$K_{\text{непр}} = 1; (\alpha_{\text{н.н}} = 0)$ $K_{\text{пот}} = 1; (\alpha_{\text{н.п}} = 0)$	Непрерывно-поточный
$K_{\text{непр}} = 1; (\alpha_{\text{н.н}} = 0)$ $K_{\text{пот}} \neq 1; (\alpha_{\text{н.п}} \neq 0)$	Непрерывно-непоточный
$K_{\text{непр}} \neq 1; (\alpha_{\text{н.н}} \neq 0)$ $K_{\text{пот}} = 1; (\alpha_{\text{н.п}} = 0)$	Прерывно-поточный
$K_{\text{непр}} \neq 1; (\alpha_{\text{н.н}} \neq 0)$ $K_{\text{пот}} \neq 1; (\alpha_{\text{н.п}} \neq 0)$	Прерывно-непоточный

Определение показателей ритмичности процесса.

Ритм процесса определяется двумя основными показателями тактом ( $r_p$ ) или темпом ( $\frac{1}{r_p}$ ).

Расчетный такт процесса

$$r_p = \frac{T_\phi}{Q_n}, \quad (5.33)$$

где  $T_\phi = D_{\text{ас}} \cdot T_{\text{см}} \cdot z_{\text{см}}$  - календарный фонд времени, соответствующий агросроку выполнения процесса;  $Q_n = 0,1 \cdot F_n \cdot h_n$  - количество материала, подлежащее переработке и перемещению за период  $T_\phi$ ;  $D_{\text{ас}}$  - агросрок выполнения процесса, ч;  $T_{\text{см}}$  - продолжительность рабочей смены, ч;  $z_{\text{см}}$  - число рабочих смен;  $F_n$  - запланированная площадь, подлежащая обработке, га;  $h_n$  - плановая урожайность (норма внесения удобрений или посева), ц/га.

Действительный такт работы машины на каждой операции процесса

$$r_i = \frac{1}{W_i}, \quad (5.34)$$

где  $W_i$  - производительность одной машины на  $i$ -й операции, т/ч.

В процессе, в котором соблюдена ритмичность, должно быть обусловлено

$$r_p \cdot M_{pi} = r_i, \quad (5.35)$$

откуда расчетное количество машин на каждой операции

$$M_{pi} = \frac{r_i}{r_p}, \quad (5.36)$$

Коэффициент загрузки машин на каждой i-ой операции

$$\varphi_{zi} = \frac{M_{pi}}{M_i} = \frac{r_i}{r_p \cdot M_i}, \quad (5.37)$$

где  $M_i$  - действительное количество машин на i-й операции (округленное до большего целого числа значение  $M_{pi}$ ).

Допустимая степень снижения производительности машин на операции, не вызывающая увеличение расчетного такта процесса,

$$\Delta W_i = W_i \cdot (1 - \varphi_{zi}), \quad (5.38)$$

где  $W_i$  - заданная производительность на i-й операции, т/ч.

Коэффициент ритмичности ТПП

$$\rho_{проц} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{оп}} r_i}{r_p \cdot \sum_{i=1}^{n_{оп}} M_i}, \quad (5.39)$$

где  $n_{оп}$  - количество операций в процессе.

Чем ближе величина  $\rho_{проц}$  к единице, тем больше коэффициент ритмичности процесса; при  $\rho_{проц} = 1$  процесс полностью ритмичен.

При выполнении ритмичного ТПП должен быть соблюден определенный интервал подхода ( $I_{тр}$ ) подвижного состава к обслуживаемой полевой машине:

$$I_{тр} = t_{ц.б} + t_{ман}, \quad (5.40)$$

где  $t_{ман}$  - продолжительность маневрирования подвижного состава, связанного с подходом и отводом его от обслуживаемой машины (определяется путем многократного хронометража и нахождения средней величины).

При эксплуатационных расчетах допустимо не выделять  $t_{ман}$  и принимать  $I_{тр} = t_{ц.б}$ .

Величину  $I_{тр}$  определяют из пооперационных графиков работы базовых и транспортных машин (рис. 5.1).

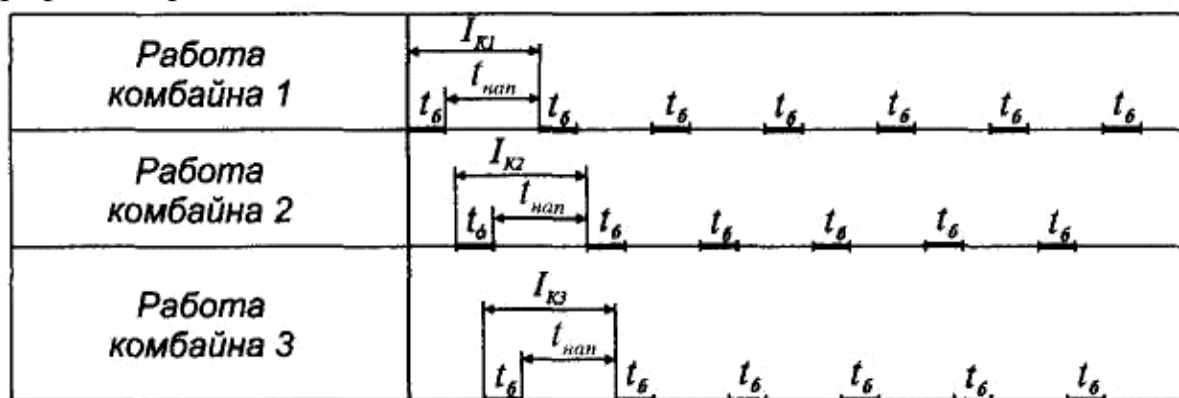
Например, при обслуживании уборочных машин бункерного типа и загрузке с остановкой

$$I_{тр} = t_{нан} + t_{б}, \quad (5.41)$$

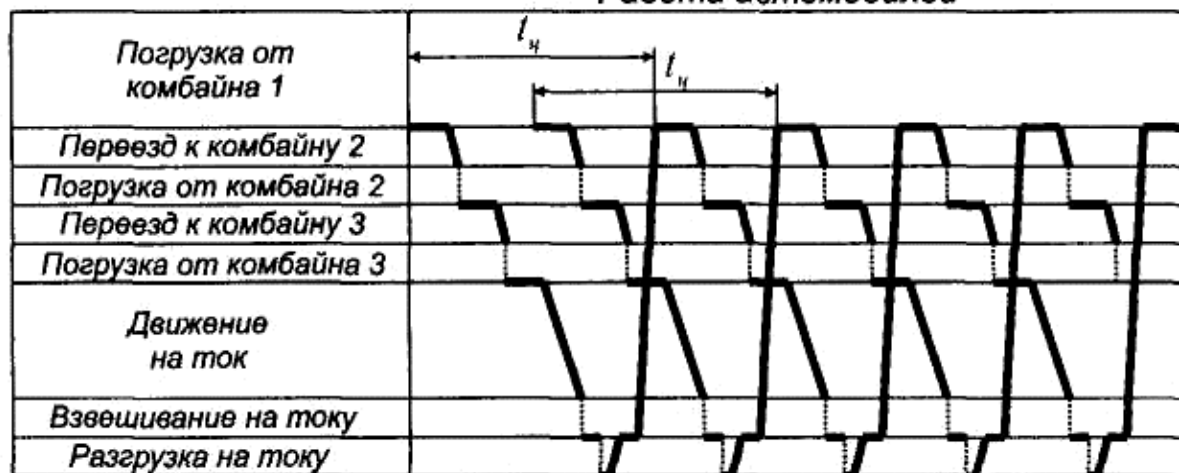
где  $t_{нан} = \frac{100 \cdot q_{б} \cdot \gamma_{б}}{b_p \cdot v_p \cdot h \cdot \varphi_p}$  - продолжительность заполнения бункера (межразгрузочный период уборочной машины), ч;  $t_{б}$  - продолжительность разгрузки бункера уборочной машины, ч.

При организации работы машин в ТПП по часовому графику следует учитывать нарушение этого графика в действительных условиях. Коэффициент

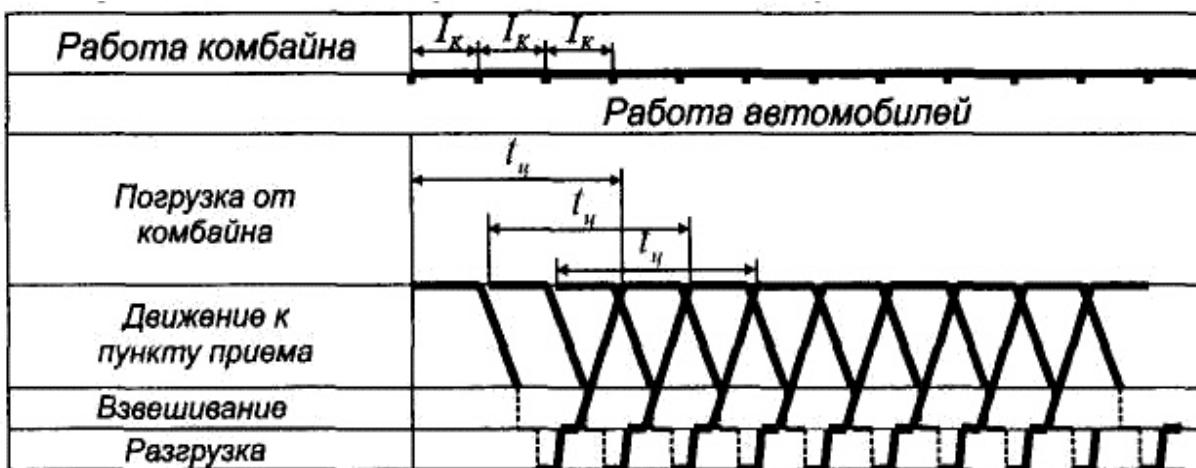
выполнения графика, показывающий отклонение фактического почасового графика от расчетного



#### Работа автомобилей



а



б

Рис. 5.1 - Пооперационные графики: а – при обслуживании трех бункерных комбайнов двумя автомобилями; б – при обслуживании одного безбункерного комбайна тремя автомобилями;  $t_{\text{нап}}$  – время наполнения бункера;  $t_б$  – время выгрузки бункера;  $t_ц$  – цикл транспортных средств;  $I_{K1-3}$  – интервалы подхода комбайнов под выгрузку бункеров;  $I_K$  – интервалы подхода транспортных средств под погрузку от комбайнов.



$$\psi_{ч.г} = \frac{T_{ц.граф}}{T_{ц.граф(ср)}} \leq 1, \quad (5.42)$$

где  $T_{ц.граф}$  - расчетная продолжительность цикла процесса при идеальном соблюдении графика;  $T_{ц.граф(ср)}$  - средняя действительная продолжительность цикла процесса при работе машин по часовому графику (определяется хронометражом).

Величину  $\psi_{ч.г}$  необходимо принимать во внимание при расчете потребности в машинах при их работе по часовому графику.

Расчет показателя надежности работы машин на операциях процесса.

Надежность машин, выполняющих отдельные операции транспортно-производственного процесса, определяют по приложению к ГОСТ 13377.

## 5.5 Структура суточного времени подвижного состава

Структура суточного времени подвижного состава (табл. 5.10) оценивается коэффициентами  $\delta_n$ ,  $\delta_{ц}$  и  $\delta_o$ .

Таблица 5.10 Структура суточного времени подвижного состава

Продолжительность цикловых операций $T_{ц.тр}$	Продолжительность внецикловых операций $T_{вц.тр}$	Продолжительность ненормируемых простоев $T_{пот}$
Основное время ( $T_o$ ) груженная езда; порожняя (холостая) езда; Вспомогательное время ( $T_{всп}$ ): погрузка; разгрузка; переезды при обслуживании полевых машин; прочие регламентируемые остановки (взвешивание, взятие проб, оформление документов и т.п.); нулевые пробеги (к месту работы и обратно на стоянку).	Подготовительно-заключительное время ( $T_{п.з}$ ): заправка автомобиля (трактора) топливом, смазочными материалами, водой; получение и сдача путевого листа; получение и сдача инструмента; осмотр и проверка технического состояния подвижного состава и подготовка его к выезду; постановка подвижного состава на стоянку и сдача его дежурному механику; формирование поезда. Дополнительное время ( $T_{доп}$ ): техническое обслуживание подвижного состава (текущий уход, дозаправка, подкачка шин на линии и т.п.); уборка подвижного состава (кабины, кузова, обтирка стекол и т.п.). Регламентированные перерывы ( $T_{р.п}$ ): на принятие пищи; отдых при длительных рейсах; прочие перерывы.	Непроизводительные потери времени ( $T_{пот}$ ): по организационным причинам; по техническим причинам; по метеорологическим причинам.

Коэффициент использования фонда суточного времени нахождения подвижного состава в наряде

$$\delta_n = \frac{T_n}{24}, \quad (5.43)$$

где  $T_n = T_{ц.тр} + T_{дон}$  - продолжительность нахождения подвижного состава на линии или время в наряде, ч;

$$24 = T_{ц.тр} + T_{вц.тр} + T_{пот}.$$

Коэффициент использования времени в наряде для выполнения транспортного цикла

$$\delta_{ц} = \frac{T_{ц.тр}}{T_n}, \quad (5.44)$$

Коэффициент использования времени транспортного цикла для выполнения основного времени (времени движения)

$$\delta_o = \frac{T_o}{T_{ц.тр}}, \quad (5.45)$$

где  $T_{ц.тр} = T_o + T_{всп}$ .

Суммарный коэффициент использования суточного времени для выполнения полезной работы подвижного состава

$$\delta_{\Sigma} = \delta_n \cdot \delta_{ц} \cdot \delta_o = \frac{T_o}{24}$$

## 5.6 Производительность ТПП

Расчетные формулы технической производительности подвижного состава для основных схем организации ТПП приведены в табл. 5.11.

Эксплуатационную производительность подвижного состава определяют по одной из формул, приведенных в табл. 5.12.

Расчет показателей степени использования производительности подвижного состава:

- Коэффициент использования технической производительности подвижного состава

$$\eta_W = \frac{1}{1 + \varphi_{W_{nom}}} , \quad (5.46)$$

- Показатель относительных затрат времени на внецикловые операции и потерь времени транспортного цикла равен:

$$\varphi_{W_{nom}} = \frac{t_{вц.мп} + \sum_1^K t_{ном_i}}{t_{ц.мп}} , \quad (5.47)$$

- Суммарные потери технической производительности подвижного состава

$$\sum_1^K \Delta W_{ном_i} = (1 - \varphi_{W_{nom}}) \cdot W_m , \quad (5.48)$$

