

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В АВТОМОБИЛЯХ ДЛЯ СПРОЕКТИРОВАННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В АВТОМОБИЛЯХ ДЛЯ МАЯТНИКОВЫХ СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

В соответствии с изложенной процедурой расчета (см. рис. 9.4) рассмотрим пример для маятниковой схемы доставки грузов $A_4B_8B_8A_4$, которую можно описать следующим образом:

Имеется один пункт погрузки A_4 , в котором функционирует один грузовой пост обслуживания, продолжительность погрузки автомобиля – самосвала КамАЗ – 55102 грузоподъемностью 7 т составляет 0,08 ч; один пункт разгрузки B_8 , где автомобили разгружаются самостоятельно и согласно технической характеристике оборудования самосвала время разгрузки составляет 0,05 ч. Расстояние, проходимое автомобилем из пункта A_4 в пункт B_8 и обратно в пункт A_4 , составляет $l_m = 8$ км. Согласно решению задачи маршрутизации по данной схеме необходимо перевезти 200 т песка (см. табл. 9.16).

Для погрузочного пункта A_4 ритм работы составит

$$R_{\text{П}} = \frac{t_{\text{п}}}{X_{\text{п}}} = \frac{0,08}{1} = 0,08 \text{ ч.}$$

Для разгрузочного пункта B_8 ритм работы составит

$$R_{\text{В}} = \frac{t_{\text{в}}}{X_{\text{в}}} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ ч.}$$

Тогда ритм работы системы

$$R = R_{\text{max}} \{R_{\text{п}j}; R_{\text{в}j}\} = R_{\text{max}} \{0,08; 0,05\} = 0,08 \text{ ч.}$$

Производим расчет выработки первого вышедшего на линию автомобиля.

Плановое время пребывания в системе первого автомобиля

$$T_{\text{м1}} = T_{\text{с}} - R_{\text{max}}(i-1) = 10 - 0,08 \cdot (1-1) = 10 \text{ ч.}$$

Так как все автомобили приходят под первую погрузку в пункт с R_{max} (A_4), то продолжительность работы системы составит $T_j = T_{\text{с}} = 10$ ч.

Плановое количество оборотов, которое необходимо выполнить в системе определяем по формуле

$$Z_{\text{план}} = \frac{Q_{\text{пред}}}{qN} = \frac{200}{7} = 28,57.$$

Полученный результат (28,57 оборотов) не следует понимать так, что не учитывается дискретный характер протекания транспортного процесса, наоборот, это указывает на то, что для выполнения планового объема перевозок 200 т необходимо совершить 29 оборотов. Из этих 29 оборотов один оборот одного из автомобилей будет исполнять с неполной загрузкой. Это объясняется тем, что количество песка, предназначенное для перевозки из пункта A_4 в пункт B_8 по данной схеме доставки, согласно решению, не кратно грузоподъемности транспортного средства. Такие факты должны учитываться при расчете выработки как конкретного автомобиля, так и системы в целом.

Количество машинозаяздов, которое может быть выполнено в пункт с R_{\max} , определяем по формуле

$$Z_{\max} = \frac{T_j}{R_{\max}} = \frac{10}{0,08} = 125 .$$

Тогда максимальная пропускная способность системы при фактической грузоподъемности автомобилей 7 т составит

$$Q_{\max} = q \cdot \gamma \cdot Z_{\max} = 7 \cdot 1 \cdot 125 = 875 \text{ т.}$$

Максимальный объем перевозок, который может быть освоен в системе, составляет, как показывает расчет, $Q_{\max} = 875$ т, а в системе требуется, согласно решению задачи маршрутизации, доставить всего 200 т. Поэтому фактический объем перевозок составит следующую величину: $Q_{\text{ф.план}} = \min\{200; 875\} = 200$ т. Факт не превышения заявленного объема груза над пропускной способностью говорит о не насыщенности системы по грузу, и найденный по решению задачи маршрутизации объем перевозок может быть освоен. Не насыщенность системы по времени занятости грузовых постов подтверждается соотношением планового количества оборотов и количества машинозаяздов $Z_e^{\text{пл}} / Z_e^{\max} < 1$, $29 < 125$, в связи с этим $t_{\text{ож}} = 0$. Определяем время оборота автомобиля:

$$t'_o = \frac{l_M}{V_T} + \sum_1^n t_{\text{пв}} = \frac{8}{25} + 0,13 = 0,45 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы первый автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов

$$Z_{o1} = \left[\frac{T_{M1}}{t'_o} \right] = \left[\frac{10}{0,45} \right] = 22.$$

Следует напомнить, что при маятниковой схеме выполнения перевозок за оборот выполняется одна ездка, поэтому понятия ездки и оборота в данных системах совпадают.

Остаток времени после выполнения полных оборотов у первого автомобиля

$$\Delta T_{M1} = T_{M1} - \left[\frac{T_{M1}}{t'_o} \right] \cdot t'_o = 10 - \left[\frac{10}{0,45} \right] \cdot 0,45 = 0,10 \text{ ч.}$$

Проводим проверку возможности совершения автомобилем ездки за этот остаток времени:

$$Z_e = \frac{\Delta T_{M1}}{\frac{l_{re}}{V_T} + t_{\text{пв}}} = \frac{0,10}{4/25 + 0,13} < 1 .$$

Следовательно, $Z'_e = 0$, и общее количество ездок, которое может совершить первый автомобиль за смену: $Z_{e1} = Z_o + Z'_e = 22 + 0 = 22$.

Выработка первого автомобиля в тоннах и тонно-километрах рассчитывается согласно формулам для малых систем соответственно $Q_1 = 7 \cdot 1 \cdot 22 + 0 = 154$ т; $P_1 = 7 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 22 + 0 = 616$ т·км. Однако объема груза, который перевезет первый вышедший на линию автомобиль в системе, будет недостаточно для вы-

полнения планового объема перевозок, т.к. $Q_{\text{пл}} > Q_1$, $154 \text{ т} < 200 \text{ т}$, поэтому необходимо ввести в эксплуатацию второй автомобиль.

При проведении расчетов следует помнить, что данная система ненасыщенная и время ожидания автомобиля для выполнения погрузочно-разгрузочных операций будет отсутствовать.

Приведем расчет показателей второго автомобиля.

Плановое время пребывания второго автомобиля составит

$$T_{M2} = T_c - R_{\text{max}}(i-1) = 10 - 0,08 \cdot (2 - 1) = 9,92 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы второй автомобиль по расчету может выполнить следующее количество полных оборотов

$$Z_{O2} = \left[\frac{T_{M2}}{t'_O} \right] = \left[\frac{9,92}{0,45} \right] = 22.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у второго автомобиля

$$\Delta T_{M1} = T_{M1} - \left[\frac{T_{M1}}{t'_O} \right] \cdot t'_O = 10 - \left[\frac{9,92}{0,45} \right] \cdot 0,45 = 0,02 \text{ ч.}$$

Проводим проверку возможности совершения автомобилем ездки за этот остаток времени:

$$Z'_e = \frac{\Delta T_{M2}}{\frac{I_{\text{ге}}}{V_T} + t_{\text{пв}}} = \frac{0,02}{4/25 + 0,13} < 1.$$

Следовательно, $Z'_e = 0$, и общее количество ездов, которое может совершить второй автомобиль за смену:

$$Z_{e1} = Z_{O0} + Z'_e = 22 + 0 = 22 .$$

Однако до полного освоения планового объема перевозок необходимо перевезти $\Delta Q = Q_{\text{ф.план}} - \Sigma Q_i = 200 - 154 = 46 \text{ т}$. Всего в системе необходимо совершить 29 ездов, из которых 22 может выполнить первый вышедший на линию автомобиль. Второй автомобиль должен выполнить $Z_{\text{план}} - Z_{e1} = 29 - 22 = 7$ ездов, причем следует помнить, что одна будет выполнена с неполной загрузкой. Поэтому данный остаток груза перевезет второй автомобиль и при этом совершит семь ездов из двадцати двух возможных.

Выработка второго автомобиля в тоннах и тонно-километрах соответственно:

$$Q_2 = Q_{\text{п}} + Q_{\text{н}} = 7 \cdot 1 \cdot 6 + 4 \cdot 1 \cdot 1 = 46 \text{ т};$$

$$P_2 = P_{\text{п}} + P_{\text{н}} = 7 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 6 + 4 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 = 184 \text{ т} \cdot \text{км},$$

где $Q_{\text{п}}, Q_{\text{н}}, P_{\text{п}}, P_{\text{н}}$ — соответственно объем перевезенного груза и выполненная транспортная работа при полной и неполной загрузках автомобиля.

Объем перевезенного груза обоими автомобилями в системе составит $Q_c = Q_1 + Q_2 = 154 + 46 = 200$ т, что соответствует условию задачи. При этом будет выполнена транспортная работа $P = 616 + 184 = 800$ т·км.

Следует заметить, что затраты времени второго автомобиля на исполнение семи ездов составляют $T_{\phi 2} = t_o \cdot Z_o + t_e \cdot Z_e = 0,45 \cdot 6 + 0,29 \cdot 1 = 2,99$ ч, в связи с чем плановое время работы второго автомобиля в системе используется не полностью и остаток времени будет $\Delta T_{\phi 2} = T_{m2} - T_{\phi 2} = 9,92 - 2,99 = 6,93$ ч.

Потребность в транспортных средствах для системы в целом составит $A_э = 2$ ед.

Аналогичным образом проводят расчет показателей работы автомобилей по другим маятниковым схемам доставки грузов, результаты которых представлены в табл. 9.17.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В АВТОМОБИЛЯХ ДЛЯ КОЛЬЦЕВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Рассмотрим пример для кольцевой схемы доставки грузов $A_6B_7-B_7A_3-A_3B_5-B_5A_6$, которую можно описать следующим образом.

Имеется два пункта погрузки A_6 и A_3 , в которых функционирует один грузовой пост обслуживания, продолжительность погрузки автомобиля-самосвала КамАЗ-55102 грузоподъемностью 7 т составляет 0,08 ч; два пункта разгрузки B_7 и B_5 , где автомобили разгружаются самостоятельно и согласно технической характеристике оборудования самосвала время разгрузки составляет 0,05 ч.

Для выполнения планового объема перевозок по данной кольцевой схеме автомобилям необходимо за оборот выполнять две ездки с грузом ($Z_e = 2$), при этом из пункта A_6 в пункт B_7 перевезти 150 т песка, из пункта A_3 в пункт B_5 - 150 т гравия, что в сумме составит $Q_{пред} = 300$ т. Протяженность данной схемы доставки составляет $l_m = 48$ км. При выполнении первой ездки с грузом автомобиль проезжает расстояние $l_{ге1} = 20$ км, при выполнении второй ездки с грузом $l_{ге2} = 12$ км, при выполнении переезда из пункта B_7 в пункт A_3 будет выполнен пробег без груза $l_{x1} = 12$ км, а из пункта B_5 в пункт A_6 $l_{x2} = 4$ км. Остальные необходимые для проведения расчета данные представлены в табл. 9.16.

Для погрузочных пунктов A_6 и A_3 ритм работы составит

$$R_{п} = \frac{t_{п}}{X_{п}} = \frac{0,08}{1} = 0,08 \text{ ч.}$$

Для разгрузочных пунктов B_7 и B_5 ритм работы составит

$$R_{в} = \frac{t_{в}}{X_{в}} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ ч.}$$

Тогда ритм работы системы составит

$$R = R_{\max} \{R_{пj}; R_{вj}\} = R_{\max} \{0,08; 0,08; 0,05; 0,05\} = 0,08 \text{ ч.}$$

Производим расчет выработки первого вышедшего на линию автомобиля.

Плановое время пребывания в системе первого автомобиля

$$T_{M1} = T_c - R_{\max}(i-1) = 10 - 0,08 \cdot (1-1) = 10 \text{ ч.}$$

Продолжительность работы системы составляет $T_j = T_c = 10$ ч.

Плановое количество оборотов, которое необходимо выполнить на маршруте:

$$Z_{\text{план}} = \frac{Q_{\text{пред}}}{q \cdot \gamma \cdot z_e} = \frac{300}{7 \cdot 2} = 21,43.$$

Полученный результат (21,43 оборота) указывает на то, что для выполнения планового объема перевозок 300т, необходимо совершить 22 оборота. Из этих 22 оборотов один оборот одного из автомобилей будет исполняться с неполной загрузкой на каждой езде. Количество машинозаяздов, которое может быть выполнено в пункт с R_{\max} :

$$Z_{\max} = \frac{T_j}{R_{\max}} = \frac{10}{0,08} = 125.$$

Тогда максимальная пропускная способность системы при фактической грузоподъемности автомобилей 7т будет определяться пропускной способностью грузового пункта с R_{\max} . Таким пунктом является пункт A_6 , пропускная способность которого составит

$$Q_{\max} = q \cdot \gamma \cdot Z_{\max} = 7 \cdot 1 \cdot 125 = 875 \text{ т.}$$

Планируется же данным пунктом обслужить 150 т груза, что меньше его пропускной способности. Следовательно, фактический объем перевозок составит $Q_{\text{ф.план}} = Q_{\text{пред}} = 300$ т.

Исходя из соотношения планового количества оборотов и количества машинозаяздов $Ze^{\text{пл}} / Ze^{\max} < 1$, (22т < 125т), система ненасыщенная и $t_{\text{ож}} = 0$.

Время оборота автомобиля:

$$t'_0 = \frac{l_M}{V_T} + \sum_1^n t_{\text{ПВ}} = \frac{48}{25} + 0,13 \cdot 2 = 2,18 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы первый автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{O1} = \left[\frac{T_{M1}}{t'_0} \right] = \left[\frac{10}{2,18} \right] = 4.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у первого автомобиля:

$$\Delta T_{M1} = T_{M1} - \left[\frac{T_{M1}}{t'_0} \right] \cdot t'_0 = 10 - \left[\frac{10}{2,18} \right] \cdot 2,18 = 1,28 \text{ ч.}$$

Проводим поочередно проверку возможности совершения автомобилем за остаток времени с начала k ездки, потом $k-1$ и т.д. За оборот совершается две ездки, в первую очередь необходимо проверить, сможет ли автомобиль за остаток времени после выполнения полных оборотов выполнить эти две ездки, при этом последний пробег без груза из пункта B_5 в пункт A_6 $l_{x2} = 4$ км совершаться не будет.

$$Z'_{e12} = \frac{\Delta T_{M1}}{\frac{\sum_1^k I_{re} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{1,28}{\frac{20+12+12}{25} + 0,13 \cdot 2} < 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль не сможет выполнить две ездки.

Далее проводим проверку возможности совершения первой ездки на обороте из пункта A_6 в пункт B_7 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e11} = \frac{\Delta T_{M1}}{\frac{\sum_1^k I_{re} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{1,28}{\frac{20}{25} + 0,13} > 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль сможет выполнить первую ездку $Z'_e = 1$ и перевезти 7 т песка из пункта A_6 в пункт B_7 .

Общее количество ездок, совершаемое первым автомобилем за смену: $Z_{e1} = Z_0 \cdot 2 + Z'_e = 4 \cdot 2 + 1 = 9$. Выработка первого автомобиля в тоннах и тонно-километрах соответственно: $Q_1 = 7 \cdot 1 \cdot 9 = 63$ т ; $P_1 = 7 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 32 + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 = 1036$ т·км. Первый автомобиль осуществит доставку в пункт B_7 35 т, а в пункт B_5 28 т песка. Однако объема груза, который перевезет первый вышедший на линию автомобиль в системе, будет недостаточно для выполнения планового объема перевозок, т.к. $Q_{пл} > Q_1$, $63\text{т} < 300$ т, поэтому необходимо ввести в эксплуатацию второй автомобиль.

Приведем расчет показателей работы второго автомобиля.

Плановое время пребывания в системе второго автомобиля составит $T_{M2} = T_c - R_{\max}(i-1) = 10 - 0,08 \cdot (2-1) = 9,92$ ч.

За плановое время работы системы второй автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{O2} = \left[\frac{T_{M2}}{t'_0} \right] = \left[\frac{9,92}{2,18} \right] = 4.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у второго автомобиля :

$$\Delta T_{M2} = T_{M2} - \left[\frac{T_{M2}}{t'_0} \right] \cdot t'_0 = 9,92 - \left[\frac{9,92}{2,18} \right] \cdot 2,18 = 1,20 \text{ ч.}$$

Аналогично вышеприведенным действиям проверки возможности совершения автомобилем ездки за остаток времени после выполнения полных оборотов определяем

$$Z'_{e22} = \frac{\Delta T_{M2}}{\frac{\sum_1^k I_{re} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{1,20}{\frac{20+12+12}{25} + 0,13 \cdot 2} < 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль не сможет выполнить две ездки.

Далее проводим проверку возможности совершения первой ездки на обороте из пункта A_6 в пункт B_7 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e21} = \frac{\Delta T_{M2}}{\frac{\sum_1^k I_{ге} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{1,20}{\frac{20}{25} + 0,13} > 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль сможет выполнить первую ездку $Z'_e = 1$ и перевезти 7 т песка из пункта A_6 в пункт B_7 .

Общее количество ездок, которое может совершить второй автомобиль за смену: $Z_{e2} = Z_0 \cdot 2 + Z'_e = 4 \cdot 2 + 1 = 9$.

Выработка второго автомобиля в тоннах и тонно-километрах соответственно: $Q_2 = 7 \cdot 1 \cdot 9 = 63$ т; $P_2 = 7 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 32 + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 = 1036$ т·км.

Второй автомобиль осуществит доставку груза в пункт B_7 35 т песка, а в пункт B_5 28 т гравия. В сумме первым и вторым автомобилем в пункт B_7 будет доставлено 70 т, а в пункт B_5 56 т.

Объем перевезенного груза обоими автомобилями в системе составит $Q = 63 + 63 = 126$ т, что опять не соответствует условию задачи. Требуется добавление третьего автомобиля.

Аналогичным образом производим расчет для третьего и четвертого автомобилей. Плановое время пребывания в системе для них составит

$$T_{M3} = 10 - 0,08 \cdot (3 - 1) = 9,84 \text{ ч}; T_{M4} = 10 - 0,08 \cdot (4 - 1) = 9,76 \text{ ч}.$$

За плановое время работы системы третий и четвертый автомобили выполнят следующее количество полных оборотов:

$$Z_{o3} = \left[\frac{T_{M3}}{t'_0} \right] = \left[\frac{9,84}{2,18} \right] = 4; \quad Z_{o4} = \left[\frac{T_{M4}}{t'_0} \right] = \left[\frac{9,76}{2,18} \right] = 4.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у третьего и четвертого автомобилей:

$$\Delta T_{M3} = 9,84 - 4 \cdot 2,18 = 1,12 \text{ ч}; \quad \Delta T_{M4} = 9,76 - 4 \cdot 2,18 = 1,04 \text{ ч}.$$

За остаток времени автомобиль сможет совершить следующее количество ездок:

- для третьего автомобиля

$$Z'_{e32} = \frac{\Delta T_{M3}}{\frac{\sum_1^k I_{ге} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{1,12}{\frac{20 + 12 + 12}{25} + 0,13 \cdot 2} < 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль не сможет выполнить две ездки. Далее проводим проверку возможности совершения первой ездки на обороте из пункта A_6 в пункт B_7 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e31} = \frac{\Delta T_{M3}}{\frac{\frac{k}{\sum I_{ге}} + \frac{s}{\sum I_X}}{V_T} + \sum \frac{k}{1} t_{пв}} = \frac{1,12}{\frac{20}{25} + 0,13} > 1.$$

За остаток времени автомобиль сможет выполнить первую ездку $Z'_e = 1$ и перевезти 7 т песка из пункта A_6 в пункт B_7 ;

- для четвертого автомобиля

$$Z'_{e42} = \frac{\Delta T_{M4}}{\frac{\frac{k}{\sum I_{ге}} + \frac{s}{\sum I_X}}{V_T} + \sum \frac{k}{1} t_{пв}} = \frac{1,04}{\frac{20+12+12}{25} + 0,13 \cdot 2} < 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль не сможет выполнить две ездки.

Далее проводим проверку возможности совершения первой ездки на обороте из пункта A_6 в пункт B_7 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e41} = \frac{\Delta T_{M4}}{\frac{\frac{k}{\sum I_{ге}} + \frac{s}{\sum I_X}}{V_T} + \sum \frac{k}{1} t_{пв}} = \frac{1,04}{\frac{20}{25} + 0,13} > 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль сможет выполнить первую ездку $Z'_e = 1$ и перевезти 7 т песка из пункта A_6 в пункт B_7 .

Полученный результат говорит о том, что за остаток времени после выполнения полных оборотов третий и четвертый автомобили смогут совершить ездку из пункта A_6 в пункт B_7 и перевезти по 7 т песка. Общее количество ездов, которое может совершить 3-й и 4-й автомобили за смену $Z_{e3} = Z_0 \cdot 2 + Z'_e = 4 \cdot 2 + 1 = 9$; $Z_{e4} = Z_0 \cdot 2 + Z'_e = 4 \cdot 2 + 1 = 9$.

Выработка третьего и четвертого автомобилей в тоннах и тонно-километрах составит соответственно $Q_3 = 7 \cdot 1 \cdot 9 = 63$ т; $P_3 = 7 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 32 + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 = 1036$ т·км, $Q_4 = 7 \cdot 1 \cdot 9 = 63$ т, $P_4 = 7 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 32 + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20 = 1036$ т·км.

Третий и четвертый автомобили осуществляют доставку в пункт B_7 35 т песка, а в пункт B_5 28 т гравия каждый.

Все четыре автомобиля в пункт B_7 доставят 140 т, а в пункт B_5 112 т, что в сумме составит $Q_c = 140 + 112 = 252$ т, что опять не соответствует условию задачи $252 < 300$. Требуется добавление пятого автомобиля. Аналогичным образом производим расчет для пятого автомобиля.

Плановое время пребывания в системе пятого автомобиля определяется следующим образом: $T_{M5} = 10 - 0,08 \cdot (5 - 1) = 9,68$ ч.

За плановое время работы системы пятый автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{o5} = \left[\frac{T_{M5}}{t'_0} \right] = \left[\frac{9,68}{2,18} \right] = 4.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у пятого автомобиля составит

$$\Delta T_{M5} = T_{M5} - \left[\frac{T_{M5}}{t'_0} \right] \cdot t'_0 = 9,68 - \left[\frac{9,68}{2,18} \right] \cdot 2,18 = 0,96 \text{ ч.}$$

За остаток времени пятый автомобиль сможет совершить следующее количество ездов:

$$Z'_{e52} = \frac{\Delta T_{M5}}{\frac{\frac{k}{\sum I_{re}} + \frac{s}{\sum I_x}}{V_T} + \sum \frac{k}{1} t_{пв}} = \frac{0,96}{\frac{20+12+12}{25} + 0,13 \cdot 2} < 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль не сможет выполнить две ездки.

Далее проводим проверку возможности совершения первой ездки на обороте из пункта A_6 в пункт B_7 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e51} = \frac{\Delta T_{M5}}{\frac{\frac{k}{\sum I_{re}} + \frac{s}{\sum I_x}}{V_T} + \sum \frac{k}{1} t_{пв}} = \frac{0,96}{\frac{20}{25} + 0,13} > 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль сможет выполнить первую ездку $Z'_e = 1$ и перевезти 7 т песка из пункта A_6 в пункт B_7 .

Общее количество ездов, которое может совершить пятый автомобиль за смену: $Z_{e5} = Z_o \cdot 2 + Z'_e = 4 \cdot 2 + 1 = 9$.

Однако следует заметить, что в пункт B_7 необходимо доставить $\Delta Q_{B7} = Q_{\text{ф.план}} - Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 = 150 - 35 - 35 - 35 - 35 = 10$ т. В пункт B_5 $\Delta Q_{B5} = Q_{\text{ф.план}} - Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 = 150 - 28 - 28 - 28 - 28 = 38$ т.

Поэтому, пятый автомобиль совершит первый оборот с полной загрузкой. Первую ездку второго оборота в пункт B_7 автомобиль совершит с загрузкой 3 т, т.к. плановый объем перевозок в данный пункт будет выполнен. Вторая же ездка второго оборота в пункт B_5 будет совершена пятым автомобилем с полной загрузкой.

После выполнения двух оборотов пятым автомобилем из пункта A_6 в пункт B_7 объем перевозок будет исчерпан, однако останется не вывезенным груз из пункта B_5 в количестве $\Delta Q_{B5} - Z_{o5} \cdot q \cdot \gamma = 38 - 14 = 24$ т, где Z_{o5} – количество ездов пятого автомобиля по второй ветви транспортной схемы. Для вывоза 24 т гравия необходимо совершить следующее количество ездов:

$$Z''_5 = \frac{\Delta Q_{B5}}{q \cdot \gamma} = \frac{24}{7 \cdot 1} = 3,43.$$

Плановое количество ездов, которое необходимо совершить по этой ветви до полного освоения объема, четыре, одна из которых будет выполняться с неполной загрузкой.

Остаток времени у пятого автомобиля после выполнения двух полных оборотов составит $T_{\phi 5} = t_o \cdot Z_o = 2,18 \cdot 2 = 4,36$ ч, в связи с чем плановое время работы пятого автомобиля в системе используется не полностью, остаток времени составит $\Delta T_{\phi 5} = T_{m5} - T_{\phi 5} = 9,68 - 4,36 = 5,32$ ч.

В связи с тем, что после выполнения двух оборотов нет необходимости прохождения всей транспортной схемы, дальнейшая работа пятого автомобиля будет осуществляться на второй ветви схемы. Технология же исполнения перевозок будет соответствовать маятниковой схеме с обратным не груженым пробегом.

Время на исполнение работы у пятого автомобиля составит

$$\Delta T'_{\phi 5} = \Delta T_{\phi 5} - \frac{I_{\Pi}}{V_T} = 5,32 - \frac{20 + 12}{25} = 4,04 \text{ ч.}$$

Определяем время оборота автомобиля по данной ветви:

$$t''_o = \frac{I_M}{V_T} + \sum_1^n t_{\text{пв}} = \frac{24}{25} + 0,13 = 1,09 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы пятый автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{o5} = \left[\frac{\Delta T'_{\phi 5}}{t''_o} \right] = \left[\frac{4,04}{1,09} \right] = 3.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у пятого автомобиля :

$$\Delta T''_{\phi 5} = \Delta T'_{\phi 5} - \left[\frac{\Delta T'_{\phi 5}}{t''_o} \right] \cdot t''_o = 4,04 - \left[\frac{4,04}{1,09} \right] \cdot 1,09 = 0,77 \text{ ч.}$$

Проводим проверку возможности совершения автомобилем ездки за этот остаток времени:

$$Z''_e = \frac{\Delta T''_{\phi 5}}{\frac{I_{\text{ге}}}{V_T} + t_{\text{пв}}} = \frac{0,77}{12/25 + 0,13} > 1.$$

Следовательно, $Z''_e = 1$ и общее количество ездов, которое может совершить пятый автомобиль за остаток времени $\Delta T''_{\phi 5}$, $Z_{e5} = Z_e + Z''_e = 3 + 1 = 4$, что соответствует плановой величине.

Выработка пятого автомобиля в тоннах и тонно-километрах рассчитывается:

$$\begin{aligned} Q_5 &= Q_{5o} + Q_{5A3B5}; \\ P_5 &= P_{5o} + P_{5A3B5}, \end{aligned}$$

где Q_{5o}, P_{5o} – соответственно количество груза, перевезенное 5-м автомобилем, и выполненная транспортная работа за полное количество оборотов,

т; $Q_{5A_3B_5}$, $P_{5A_3B_5}$ – соответственно количество груза, перевезенное 5-м автомобилем, и выполненная транспортная работа на ветви A_3B_5 .

$$Q_{50} = 7 \cdot 1 \cdot 3 + 3 \cdot 1 = 24 \text{ т}; P_{50} = 7 \cdot 1 \cdot 20 + 7 \cdot 1 \cdot 12 + 3 \cdot 1 \cdot 20 + 7 \cdot 1 \cdot 12 = 368 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{5A_3B_5} = 7 \cdot 1 \cdot 3 + 3 \cdot 1 = 24 \text{ т}; P_{5A_3B_5} = 7 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 12 + 3 \cdot 1 \cdot 12 = 288 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Итого: пятый автомобиль перевезет $Q_5 = 24 + 24 = 48$ т и выполнит транспортную работу $P_5 = 368 + 288 = 656$ т·км.

Выработка автомобилей в тоннах и тонно-километрах в системе составит:

$$Q_c = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 63 + 63 + 63 + 63 + 48 = 300 \text{ т};$$

$$P_c = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 1036 + 1036 + 1036 + 1036 + 656 = 4800 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Потребность в транспортных средствах для малой транспортной системы $A_6B_7B_7A_3A_3B_5B_5A_6$ составит $A_э = 5$ ед.

Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 9.17.

Представленное решение показывает, что один из автомобилей должен работать неполную смену и выполнить несколько оборотов (ездов) с неполной загрузкой ввиду некратности объемов перевозок в системах и грузоподъемности используемых транспортных средств.

Таблица 9.17 - Сводная таблица результатов для маятниковых и кольцевых транспортных схем

| Шифр маршрута | $N_{авт}$ | $Q_{ф},$ т | $Q_i,$ т | $Z^{план}$ | Z_{ei} | $T_{mi},$ ч | $P_{fi},$ т·км | $Z_{возм}$ | Z_{max} |
|---|-----------|---------------|-------------|------------|----------|----------------|-------------------|------------|-----------|
| Микросистемы | | | | | | | | | |
| $A_7B_{12}-B_{12}A_7$ | 1 | 150 | 150 | 22 | 22 | 10,00 | 600 | 22 | 125 |
| $A_2B_2-B_2A_2$ | 1 | 150 | 150 | 22 | 22 | 10,00 | 450 | 22 | 125 |
| Малые транспортные системы (маятниковая схема доставки) | | | | | | | | | |
| $A_1B_1-B_1A_1$ | 1 | 200 | 189 | 29 | 27 | 10,00 | 567 | 27 | 125 |
| | 2 | | 11 | | 2 | 9,92 | 33 | | |
| $A_4B_8-B_8A_4$ | 1 | 200 | 154 | 29 | 22 | 10,00 | 616 | 27 | 125 |
| | 2 | | 46 | | 7 | 9,92 | 184 | | |
| (кольцевая схема доставки) | | | | | | | | | |
| $A_6B_7-B_7A_3-$ $A_3B_5-B_5A_6$ | 1 | 300 | 35+28 | 22 | 5+4 | 10,00 | 1036 | 5+4 | 125 |
| | 2 | | 35+28 | | 5+4 | 9,92 | 1036 | 5+4 | |
| | 3 | | 35+28 | | 5+4 | 9,84 | 1036 | 5+4 | |
| | 4 | | 35+28 | | 5+4 | 9,76 | 1036 | 5+4 | |
| | 5 | | 10+38 | | 2+6 | 9,68 | 656 | 4+4 | |

Здесь $N_{авт}$ – порядковый номер автомобиля в системе; Z_{ei} – количество ездов i -го автомобиля за оборот: (5+4) – пять ездов по первой и четыре ездки по второй ветви кольцевой схемы; $Z_{возм}$ – возможное количество ездов, которое может совершить i -й автомобиль в системе за плановое время в наряде.

Это указывает на то, что имеющийся тип автомобиля не является рациональным по грузоподъемности для спроектированной системы. Однако при

этом следует помнить, что допускается эксплуатация транспортного средства с перегрузом до 10 % от его грузоподъемности, поэтому возможно избежать работы с недогрузом.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В АВТОМОБИЛЯХ ДЛЯ РАДИАЛЬНЫХ- ТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

В рамках общей классификации транспортных систем радиальный маршрут с позиций системного подхода рассматривается как средняя система доставки грузов (ССДГ), которая имеет свои особенности протекания транспортного процесса.

Для проведения расчета выработки автомобилей в средних системах необходимо провести идентификацию таких систем с учетом возможного их многообразия.

В соответствии с классификацией к средним системам относятся такие системы, в которых имеются один центральный и множество периферийных грузовых пунктов, соединенных между собой транспортными связями, по которым функционируют множество автомобилей, а технологическая схема исполнения перевозок – радиальная.

По виду ветвей радиальных транспортных схем средние системы следует подразделять на простые, комбинированные и сложные.

В простых системах ветви по конфигурации соответствуют маятниковым маршрутам с обратным не груженым пробегом.

В комбинированных системах ветви радиального маршрута по конфигурации соответствуют маятниковым маршрутам различного вида и кольцевым маршрутам помашинных отправок.

Задача решается на конкретной транспортной сети и заданных объемах перевозок для объектов при ограничениях по: пропускной способности грузовых пунктов, количеству транспортных средств, режиму работы грузовых пунктов, количеству постов погрузки - разгрузки.

В ССДГ ритм работы всей системы определяется ритмом работы центрального пункта. Однако количество ездов, совершаемое автомобилем по отдельным ветвям системы, и их продолжительность различны. Поэтому необходимо упорядочение прибытия автомобилей в центральный пункт с целью исключения образования очереди на погрузку или разгрузку.

Одним из возможных методов расчета потребности в автомобилях для радиальных транспортных схем доставки грузов, в случае, когда они соответствуют средней ненасыщенной системе, является проведение расчета для каждой ветви радиальной схемы.

Такой вариант расчета возможен лишь в том случае, если величина грузовых потоков, проходящих через центральный пункт системы, намного меньше, чем его пропускная способность. В данном случае взаимодействием потоков автомобилей в центральном пункте системы на общих грузовых постах можно пренебречь.

Для осуществления расчета потребности в транспортных средствах для средних систем необходимо принять приоритеты обслуживания ветвей системы. Приоритет ветви обслуживания может быть установлен исходя из количества перевозимого груза, а при равенстве объемов – исходя из сложности ветви. Это необходимо для того, чтобы избежать взаимодействия автомобилей при их запуске в систему и чтобы первые автомобили, вышедшие на линию, не смогли создать очередь при повторном прибытии в центральный пункт.

Для рассматриваемого примера был принят принцип: в первую очередь обслуживается сложная ветвь с наибольшей продолжительностью времени оборота.

Проведем расчет потребности в транспортных средствах для ветви $A_5B_9-B_9A_2-A_2B_2-B_2A_7-A_7B_{11}-B_{11}A_5$ (см. табл. 9.16 и рис. 9.3).

Для выполнения планового объема перевозок по данной кольцевой схеме автомобилям необходимо перевезти из пункта A_5 в пункт B_9 25 т песка, из пункта A_2 в пункт B_2 25 т гравия, из A_7 в пункт B_{11} 25 т угля.

Для погрузочных пунктов A_5, A_2, A_7 ритм работы составит

$$R_{\Pi} = \frac{t_{\Pi}}{X_{\Pi}} = \frac{0,08}{1} = 0,08 \text{ ч.}$$

Для разгрузочных пунктов B_9, B_2, B_{11} ритм работы составит

$$R_{\text{В}} = \frac{t_{\text{В}}}{X_{\text{В}}} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ ч.}$$

Тогда ритм работы системы

$$R = R_{\max} \{R_{\Pi j}; R_{\text{В} j}\} = R_{\max} \{0,08; 0,08; 0,08; 0,05; 0,05; 0,05\} = 0,08 \text{ ч.}$$

Производим расчет выработки первого вышедшего на линию автомобиля.

Плановое время пребывания в системе первого автомобиля

$$T_{\text{М}j} = T_{\text{с}} - R_{\max} (i-1) = 10 - 0,08 \cdot (1-1) = 10 \text{ ч.}$$

Плановое количество оборотов, которое необходимо выполнить в системе:

$$Z_{\text{план}} = \frac{Q_{\text{пред}}}{q \cdot z_e} = \frac{75}{7 \cdot 3} = 3,57.$$

Полученный результат (3,57 оборота) указывает на то, что для выполнения планового объема перевозок 75т необходимо совершить 4 оборота. Из этих 4 оборотов один оборот будет исполняться с неполной загрузкой автомобиля.

Количество машинозаездов, которое может быть выполнено в пункт с R_{\max} :

$$Z_{\text{max}} = \frac{T_j}{R_{\max}} = \frac{10}{0,08} = 125.$$

Тогда максимальная пропускная способность системы при фактической грузоподъемности автомобилей 7т составит

$$Q_{\text{max}} = q \gamma z_{\text{max}} = 7 \cdot 1 \cdot 125 = 875 \text{ т}$$

Исходя из соотношения планового количества оборотов и количества машинозаяздов $Z_e^{пл} / Z_e^{max} < 1$, ($4т < 125т$) получаем, что система не насыщенная и $t_{ож} = 0$.

Время оборота автомобиля:

$$t'_o = \frac{l_M}{V_T} + \sum_1^n t_{ПВ} = \frac{84}{25} + 0,13 \cdot 3 = 3,75 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы первый автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{o1} = \left[\frac{T_{M1}}{t'_o} \right] = \left[\frac{10}{3,75} \right] = 2.$$

Следует помнить, что в данном примере при кольцевой схеме выполнения перевозок за оборот выполняются три ездки.

Остаток времени после выполнения полных оборотов у первого автомобиля:

$$\Delta T_{M1} = T_{M1} - \left[\frac{T_{M1}}{t'_o} \right] \cdot t'_o = 10,00 - \left[\frac{10,00}{3,75} \right] \cdot 3,75 = 2,50 \text{ ч.}$$

Проведем поочередно проверку возможности совершения автомобилем за остаток времени сначала k ездов, потом $k-1$ и т.д.

За оборот совершаются три ездки, в первую очередь необходимо проверить, сможет ли автомобиль за остаток времени после выполнения полных оборотов выполнить эти три ездки; при этом последний пробег без груза из пункта B_{11} в пункт A_5 $l_{x3} = 24$ км совершаться не будет.

$$Z'_{e13} = \frac{\Delta T_{M1}}{\frac{\sum_1^k l_{ге} + \sum_1^s l_x}{V_T} + \sum_1^k t_{ПВ}} = \frac{2,50}{\frac{26+1+3+16+14}{25} + 0,13 \cdot 3} < 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль не сможет выполнить три ездки.

Далее проводим проверку возможности совершения двух ездов на обороте до пункта B_2 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e12} = \frac{\Delta T_{M1}}{\frac{\sum_1^k l_{ге} + \sum_1^s l_x}{V_T} + \sum_1^k t_{ПВ}} = \frac{2,50}{\frac{26+1+3}{25} + 0,13 \cdot 2} > 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль сможет выполнить первую ездку и перевезти 7 т песка из пункта A_5 в пункт B_9 и вторую ездку, при этом перевезти 7 т гравия из пункта A_2 в пункт B_2 .

Общее количество ездов, совершаемое первым автомобилем за смену:

$$Z_{e1} = Z_o \cdot n + Z'_e = 2 \cdot 3 + 2 = 8.$$

Выработка первого автомобиля в тоннах и тонно-километрах составит

$$Q_1 = 7 \cdot 1 \cdot 8 = 56 \text{ т}; P_1 = 7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 43 + 7 \cdot 1 \cdot 29 = 805 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Первый автомобиль осуществит доставку в пункт B_9 21 т песка, в пункт B_2 21 т гравия, в пункт B_{11} 14 т угля.

Однако объема груза, который перевезет первый вышедший на линию автомобиль в системе, будет недостаточно для выполнения плана перевозок. Т.к. не выполняется условие задачи, $56 \text{ т} < 75 \text{ т}$, необходимо ввести в эксплуатацию второй автомобиль.

Расчет показателей работы второго автомобиля.

Плановое время пребывания в системе второго автомобиля составит

$$T_{M_2} = T_c - R_{\max}(i-1) = 10 - 0,08 \cdot (2 - 1) = 9,92 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы второй автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{o2} = \left[\frac{T_{M_2}}{t'_0} \right] = \left[\frac{9,92}{3,75} \right] = 2.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у второго автомобиля :

$$\Delta T_{M_2} = T_{M_2} - \left[\frac{T_{M_2}}{t'_0} \right] \cdot t'_0 = 9,92 - \left[\frac{9,92}{3,75} \right] \cdot 3,75 = 2,42 \text{ ч.}$$

Аналогично вышеприведенным действиям при проверке возможности совершения автомобилем ездки за остаток времени после выполнения полных оборотов определяем

$$Z'_{e23} = \frac{\Delta T_{M_2}}{\frac{\sum_1^k I_{ге} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{2,42}{\frac{26+1+3+16+14}{25} + 0,13 \cdot 3} < 1.$$

За остаток времени автомобиль не сможет выполнить три ездки.

Далее проводим проверку возможности совершения двух ездки на обороте до пункта B_2 . Воспользуемся тем же условием

$$Z'_{e22} = \frac{\Delta T_{M_2}}{\frac{\sum_1^k I_{ге} + \sum_1^s I_X}{V_T} + \sum_1^k t_{пв}} = \frac{2,42}{\frac{26+1+3}{25} + 0,13 \cdot 2} > 1.$$

Следовательно, за остаток времени автомобиль сможет выполнить две ездки: $Z'_e = 2$.

Общее количество ездки, которое может совершить второй автомобиль за смену:

$$Z_{e2} = Z_o \cdot n + Z'_e = 2 \cdot 3 + 2 = 8.$$

Однако следует заметить, что в пункт B_9 необходимо доставить $\Delta Q_{B_9} = Q_{\text{ф.план}} - Q_1 = 25 - 21 = 4 \text{ т}$, в пункт B_2 $\Delta Q_{B_2} = Q_{\text{ф.план}} - Q_1 = 25 - 21 = 4 \text{ т}$ и в пункт B_{11} $\Delta Q_{B_{11}} = Q_{\text{ф.план}} - Q_1 = 25 - 14 = 11 \text{ т}$.

Поэтому при выполнении первого оборота второй автомобиль первую ездку из пункта A_5 в пункт B_9 и вторую ездку из пункта A_2 в пункт B_2 совершит

с неполной загрузкой, т.к. остаток не вывезенного груза из данных пунктов погрузки составляет 4 т, что и выполняет 7 - тонный автомобиль. Третью езду на первом обороте автомобиль совершает с полной загрузкой. При выполнении данной работы автомобилями план перевозок для пунктов B_9 и B_2 выполнен. Однако остается не вывезенным груз в 4 т из пункта A_7 в B_{11} .

Остаток времени у второго автомобиля после выполнения оборота составит $T_{\phi 2} = t_o \cdot Z_o = 3,75 \cdot 1 = 3,75$ ч, в связи с чем плановое время работы второго автомобиля в системе используется не полностью и остаток времени составит $\Delta T_{\phi 2} = T_{m2} - T_{\phi 2} = 9,92 - 3,75 = 6,17$ ч.

В связи с тем, что после выполнения одного оборота нет необходимости прохождения всей транспортной схемы, дальнейшая работа второго автомобиля будет осуществляться на третьей ветви кольцевой схемы ($A_7 - B_{11}$). Технология же исполнения перевозок будет соответствовать маятниковой схеме с обратным не груженым пробегом. Остаток груза в 4 т вывозит второй автомобиль после выполнения разгрузочных операций в последнем пункте разгрузки B_{11} , он из данного пункта совершает порожний пробег обратно в пункт A_7 и перевозит оставшиеся 4 т.

Время оборота автомобиля по данной ветви составит

$$t''_o = \frac{I_{ге}}{V_T} + \sum \frac{n}{I} t_{пв} = \frac{14}{25} + 0,13 = 0,69 \text{ ч.}$$

Данного времени будет вполне достаточно для выполнения этой работы, т.к. $T_{\phi 2} > t''_o$, $6,17 > 0,69$. Остаток времени на маршруте $\Delta T_{m2} = T_{\phi 2} - t''_o = 6,17 - 0,69 = 5,48$ ч.

Выработка второго автомобиля в тоннах и тонно-километрах рассчитывается согласно формулам (1.39) и (1.40) соответственно: $Q_2 = 4 \cdot 1 \cdot 3 + 7 \cdot 1 \cdot 1 = 19$ т; $P_2 = 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 26 + 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3 + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 14 + 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 14 = 270$ т·км.

Второй автомобиль осуществит доставку в пункт B_9 4 т песка, в пункт B_2 4 т гравия, в пункт B_{11} 11 т угля.

Объем перевезенного груза обоими автомобилями в системе составит $Q_c = 56 + 19 = 75$ т, что соответствует условию задачи, при этом они совершат транспортную работу $P_c = 805 + 270 = 1075$ т·км.

Согласно расчету потребность в транспортных средствах по ветви $A_5 B_9 - B_9 A_2 - A_2 B_2 - B_2 A_7 - A_7 B_{11} - B_{11} A_5$ составляет $A_{\Sigma 1} = 2$ ед, поэтому ситуация на данной ветви соответствует малой ненасыщенной системе.

Следующий этап расчета состоит в определении потребности в транспортных средствах для маятниковой ветви $A_5 B_6 B_6 A_5$.

Для погрузочного пункта A_5 ритм работы составит

$$R_{п} = \frac{t_{п}}{X_{п}} = \frac{0,08}{1} = 0,08 \text{ ч.}$$

Для разгрузочного пункта B_6 ритм работы составит

$$R_{в} = \frac{t_{в}}{X_{в}} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ ч.}$$

Тогда ритм работы системы

$$R = R_{\max} \{R_{пj}; R_{вj}\} = R_{\max} \{0,08; 0,05\} = 0,08 \text{ ч.}$$

Плановое время пребывания в системе третьего автомобиля

$$T_{Mj} = T_c - R_{\max}(i-1) = 10 - 0,08 \cdot (3-1) = 9,84 \text{ ч.}$$

В связи с принятыми приоритетами работы подвижного состава по радиальной схеме перевозок данный автомобиль выйдет на линию третьим после двух предыдущих, работающих по кольцевой ветви, поэтому $i = 3$.

Плановое количество оборотов, которое необходимо выполнить на ветви:

$$Z_{\text{план}} = \frac{Q_{\text{пред}}}{qV} = \frac{100}{7} = 14,28.$$

Полученный результат (14,28 оборотов) следует понимать так, что для выполнения планового объема перевозок 100 т, необходимо совершить 15 оборотов, один из которых будет выполнен с неполной загрузкой.

Количество машинозаездов, которое может быть выполнено в пункт с R_{\max} :

$$Z_{\max} = \frac{T_j}{R_{\max}} = \frac{10}{0,08} = 125.$$

Тогда максимальная пропускная способность системы при фактической грузоподъемности автомобилей 7 т составит

Исходя из соотношения планового количества оборотов и количества машинозаездов $Z_e^{\text{пл}} / Z_e^{\max} < 1$, $15 < 125$ система ненасыщенная и $t_{\text{ож}} = 0$.

Время оборота автомобиля:

$$t'_0 = \frac{I_M}{V_T} + \sum_1^n t_{\text{пв}} = \frac{12}{25} + 0,13 = 0,61 \text{ ч.}$$

За плановое время работы системы третий автомобиль выполнит следующее количество полных оборотов:

$$Z_{O3} = \left[\frac{T_{M3}}{t'_0} \right] = \left[\frac{9,84}{0,61} \right] = 16.$$

Остаток времени после выполнения полных оборотов у третьего автомобиля:

$$\Delta T_{M3} = T_{M3} - \left[\frac{T_{M3}}{t'_0} \right] \cdot t'_0 = 9,84 - \left[\frac{9,84}{0,61} \right] \cdot 0,61 = 0,08 \text{ ч.}$$

Проводим проверку возможности совершения автомобилем ездки за этот остаток времени:

$$Z'_e = \frac{\Delta T_{M3}}{\frac{I_{\text{ге}}}{V_T} + t_{\text{пв}}} = \frac{0,08}{4/25 + 0,13} < 1.$$

Следовательно, $Z'_e = 0$ и общее количество ездки, которое может совершить третий автомобиль за смену:

$$Z_{e3} = Z_o + Z'_e = 16 + 0 = 16.$$

Для выполнения планового объема перевозок автомобиль выполнит четырнадцать ездов с полной загрузкой 7 т и одну с неполной 2 - тонной загрузкой.

Выработка третьего автомобиля в тоннах и тонно-километрах составит соответственно: $Q_3 = 7 \cdot 1 \cdot 14 + 2 \cdot 1 \cdot 1 + 0 = 100$ т ; $P_3 = 7 \cdot 1 \cdot 14 \cdot 6 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6 + 0 = 600$ т·км.

Согласно расчету третий автомобиль, предназначенный для работы на ветви $A_5B_6B_6A_5$, может выполнить 15 оборотов, что равняется $Z_{\text{план}}$, поэтому ситуация на данной ветви соответствует микросистеме и потребность в автомобилях $A_{\Sigma 2} = 1$.

Выработка автомобилей в тоннах и тонно-километрах для всей системы : $Q_c = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 56 + 19 + 100 = 175$ т ; $P_c = P_1 + P_2 + P_3 = 1075 + 270 + 600 = 1675$ т·км.

Суммарная потребность в транспортных средствах в системе составит $A_c = A_{\Sigma 1} + A_{\Sigma 2} = 3$ ед.

Для проверки возможности выполнения перевозок грузов рассчитанным количеством автомобилей можно воспользоваться построением графика работы автомобилей (рис. 9.5).

График строится следующим образом. Продолжительность операций транспортного процесса известна. Время погрузки и разгрузки задано, время движения автомобиля с грузом и без груза рассчитывается исходя из пройденного расстояния и технической скорости.

По оси абсцисс, в принятом масштабе, откладываются длительности операций каждого оборота на соответствующей ветви радиальной схемы, по оси ординат – порядковые номера автомобилей. Сначала производят построение графика для первого автомобиля, потом для второго и т.д. При построении необходимо отслеживать моменты прибытия автомобилей в грузовые пункты, и если окажется так, что по прибытии автомобиля грузовой пост занят, в графике делается раздвижка на время ожидания погрузочно-разгрузочных операций. Раздвижку можно осуществлять в графике, как у очередного автомобиля, так и в графиках предыдущих автомобилей. Однако при этом должны выполняться условия не превышения окончания времени работы автомобиля и времени окончания работы разгрузочного пункта, к которому направляется автомобиль на последней езде.

При построении графика работы может оказаться так, что из-за потерь времени в ожидании погрузочно-разгрузочных операций расчетным количеством транспортных средств невозможно осуществить плановый объем перевозок или, наоборот, что запланировано излишнее количество автомобилей. Тогда для того, чтобы обеспечить вывоз груза, можно применить один из следующих способов:

- изменить приоритет начала погрузки при совершении очередного оборота в графике автомобиля, приводящего к длительным простоям. Например, переназначить время начала исполнения оборота по одной ветви оборотом по другой ветви системы;

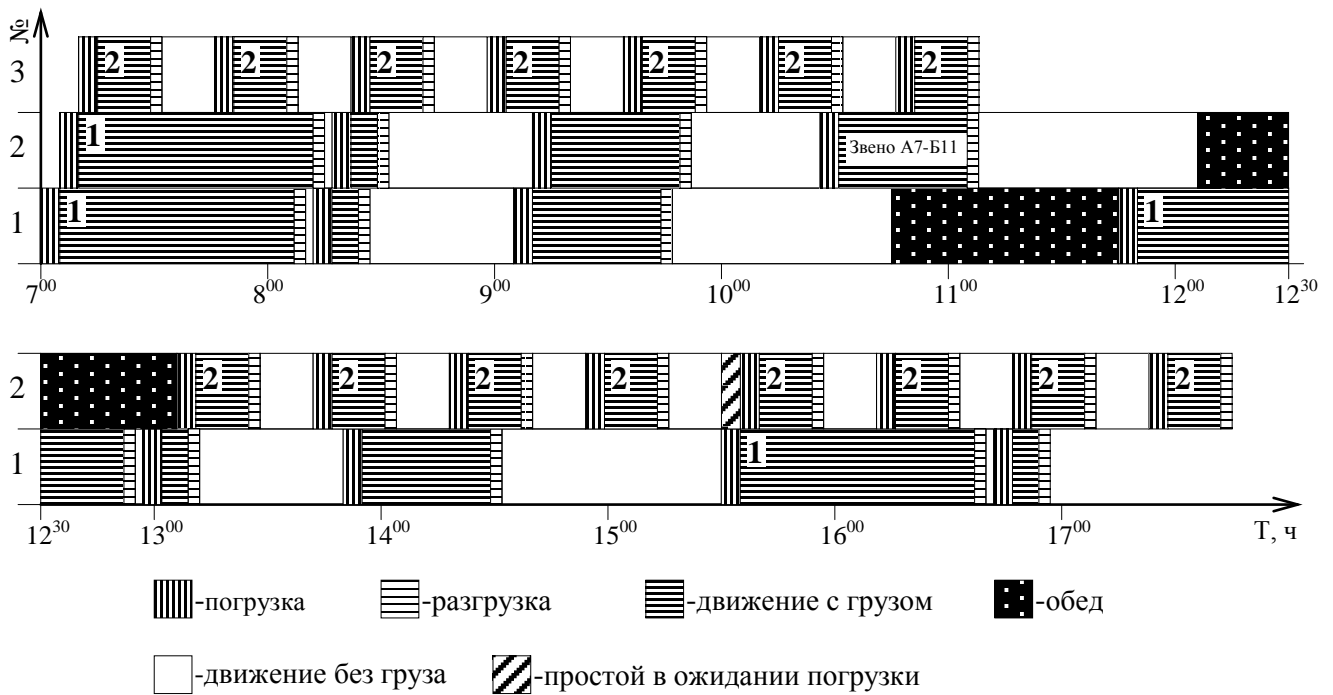


Рис. 9.5. График работы автомобилей по радиальной схеме перевозок

- если система ненасыщенная и другие мероприятия не привели к желаемому результату, то возможно добавление еще одного автомобиля в систему, который осуществит перевозку остатка не вывезенного груза;
- использовать на маршруте подвижной состав большей грузоподъемности, если возможно;
- изменить техническую скорость транспортных средств или время простоев под погрузкой и разгрузкой.

Если же запланировано излишнее количество автомобилей на ветвях радиальной транспортной схемы, то часть автомобилей будет работать неполное время в наряде и иметь значимые остатки неиспользуемого времени. Для повышения эффективности работы автомобилей необходимо при построении графиков осуществить переключение автомобилей с той ветви, где работа закончилась, на ту ветвь, где данный автомобиль сможет выполнить хоть часть запланированной работы другого автомобиля.

Анализ построенного графика работы подвижного состава (см. рис. 9.5) показывает, что для выполнения заданного объема перевозок фактически необходимо не три, как по расчетам по модели, а два автомобиля. При этом порядок исполнения ездов будет следующий:

- первый вышедший на линию автомобиль совершит два оборота по ветви $A_5B_9-B_9A_2-A_2B_2-B_2A_7-A_7B_{11}-B_{11}A_5$ и четыре оборота по ветви $A_5B_6B_6A_5$. На эту работу автомобиль затратит 9,94 ч и перевезет 70 т;
- второй автомобиль до обеда совершит семь оборотов по ветви, $A_5B_6B_6A_5$ после обеда – один оборот по ветви $A_5B_9-B_9A_2-A_2B_2-B_2A_7-A_7B_{11}-B_{11}A_5$ и три оборота $A_5B_6B_6A_5$. На перевозку 105 т автомобиль затратит 9,85 ч.

Образование простоя, равного времени погрузки в пункте A_8 второго автомобиля, связано с тем, что в момент его прибытия после выполнения оборота по кольцевой ветви пост погрузки занят обслуживанием первого автомобиля, работающего по маятниковой ветви. В связи с этим фактическое время исполнения работы второго автомобиля будет раздвинуто на время ожидания, однако при этом запланированного времени будет достаточно, чтобы выполнить плановый объем перевозок.

Более сложной в описании функционирования является другая система, которая представляет собой насыщенную комбинированную среднюю систему. В таких системах в силу возможной не кратности расстояния доставки груза по отдельным ветвям системы, а также разных величин затрат времени на выполнение погрузочно-разгрузочных операций могут возникать дополнительные потери времени в результате одновременного прибытия транспортных средств в «узкое звено» с разных ветвей системы. Время ожидания также может возникать при одновременном прибытии автомобиля в любой другой грузовой пункт системы, тем самым его производительное время может быть снижено. Уменьшение производительного времени может быть таким, что за отведенное плановое время автомобиль не сможет выполнить свою работу, что в конечном итоге может привести к невыполнению планового задания в системе. Особенно ярко это будет выражено в перенасыщенной системе, в которой одна или многие ветви будут представлять собой перенасыщенные подсистемы. Поэтому в расчетах потребности в транспортных средствах в насыщенных и перенасыщенных средних системах необходимо предусмотреть возможность расчета расписания.

Расчет потребности в транспортных средствах в комбинированной насыщенной средней системе рассмотрим на примере системы, в которой осуществляется вывоз груза из центра на периферию (см. рис. 9.3). Ветви данной системы представляют собой по конфигурации следующие схемы:

- 1) $A_8B_{11}-B_{11}A_8$ – маятниковая схема;
- 2) $A_8B_{10}-B_{10}A_5-A_5B_7-B_7A_3-A_3B_3-B_3A_8$ – кольцевая схема;
- 3) $A_8B_{11}-B_{11}A_4-A_4B_8-B_8A_3-A_3B_3-B_3A_8$ – кольцевая схема;
- 4) $A_8B_{10}-B_{10}A_5-A_5B_9-B_9A_2-A_2B_4-B_4A_3-A_3B_5-B_5A_8$ – кольцевая схема;
- 5) $A_8B_{10}-B_{10}A_5-A_5B_9-B_9A_2-A_2B_2-B_2A_7-A_7B_{11}-B_{11}A_4-A_4B_7-B_7A_3-A_3B_3-B_3A_8$ – кольцевая схема.

В пунктах погрузки A_8, A_5, A_3, A_4, A_2 и A_7 функционирует один грузовой пост обслуживания. Продолжительность погрузки автомобиля - самосвала КамАЗ-55102 грузоподъемностью 7 т составляет 0,08 ч. В пунктах разгрузки $B_6, B_9, B_2, B_8, B_3, B_{10}, B_4, B_5$ и B_{11} автомобили разгружаются самостоятельно и согласно технической характеристике оборудования самосвала время разгрузки составляет 0,05 ч. Остальные параметры технологических схем средней системы представлены в табл. 9.16.

Расчет потребности в транспортных средствах для насыщенной средней системы следует определять с помощью имитационной модели, так как только

с ее помощью можно «проиграть» ситуации в системе с целью снижения воздействия автомобилей на общих грузовых постах.

При расчетах в данном примере использована модель функционирования насыщенной ССДГ (приведенной в п. 6.4), с помощью которой построено расписание работы автомобилей в насыщенной комбинированной системе.

При расчете расписания принимаются следующие приоритеты: при назначении отправки автомобилю следует отдавать приоритет отправке с наибольшим количеством не вывезенного груза. Для того чтобы отправка с наибольшей продолжительностью выполнения не оказалась последней для выполнения, они тоже должны рассматриваться в числе первых. Таким же образом следует поступать с отправками в адрес клиентов, время работы которых заканчивается раньше всех остальных.

Поскольку время начала и окончания работы автомобилей, а также величина потерь рабочего времени в ожидании погрузочно-разгрузочных операций могут быть известны после построения расписания работы системы, то до начала расчетов точно определить необходимую потребность в транспортных средствах не представляется возможным. В то же время, если невозможно произвести расчеты и построить расписание без определения потребности в транспортных средствах, решение поставленной задачи связано с использованием итеративного процесса, т.е. с повторным проведением расчетов на модели с именованными выходными параметрами и получением расписания. Расчет должен быть организован следующим образом. На первом этапе определяют минимально возможное количество автомобилей (нижняя граница потребности транспортных средств) исходя из времени выполнения всех заявок и планового времени в наряде. Далее производят расчет и построение расписания работы. На втором этапе производят проверку выполнения плана перевозок и, если его для освоения данным количеством автомобилей недостаточно, рассчитываются показатели очередного автомобиля, на который приходится наибольшее количество невыполненных отправок. Данную операцию повторяют до тех пор, пока не будет достигнута основная цель решения задачи.

Результаты расчетов по модели для комбинированной насыщенной средней системы представлены в табл. 9.18.

Таблица 9.18 - Результаты расчетов для средних транспортных систем

| Вид системы | № авт. | Q_i , т | $L_{\text{общ}}$, км | $L_{\text{ге}}$, км | $P_{\text{фи}}$, т·км | $\Delta T_{\text{ми}}$, ч |
|---------------------------------------|--------|-----------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|
| Не насыщенная комбинированная система | 1 | 56 | 198 | 115 | 805 | 1,1 |
| | 2 | 75 | 208 | 105 | 606 | 0,2 |
| | 3 | 44 | 78 | 42 | 264 | 6,2 |
| Насыщенная комбинированная система | 1 | 70 | 195 | 139 | 973 | 0,9 |
| | 2 | 70 | 195 | 139 | 973 | 0,9 |
| | 3 | 70 | 195 | 139 | 973 | 0,9 |
| | 4 | 52 | 195 | 139 | 745 | 0,9 |
| | 5 | 63 | 184 | 150 | 1050 | 1,48 |
| | 6 | 63 | 184 | 150 | 1050 | 1,48 |
| | 7 | 63 | 184 | 150 | 1050 | 1,48 |

Продолжение таблицы 9.18

| | | | | | | |
|-------------|----|------|------|------|-------|------|
| | 8 | 63 | 184 | 150 | 1050 | 1,48 |
| | 9 | 63 | 184 | 150 | 1050 | 1,48 |
| | 10 | 50 | 207 | 155 | 770 | 0,02 |
| | 11 | 56 | 198 | 134 | 938 | 0,88 |
| | 12 | 63 | 193 | 135 | 945 | 0,92 |
| | 13 | 45 | 187 | 129 | 645 | 1,33 |
| | 14 | 34 | 184 | 122 | 563 | 1,72 |
| Итого общее | 17 | 1000 | 3151 | 2443 | 14450 | - |

Графическое изображение расписания функционирования транспортных средств по ветвям системы представлено на рис. 9.6.

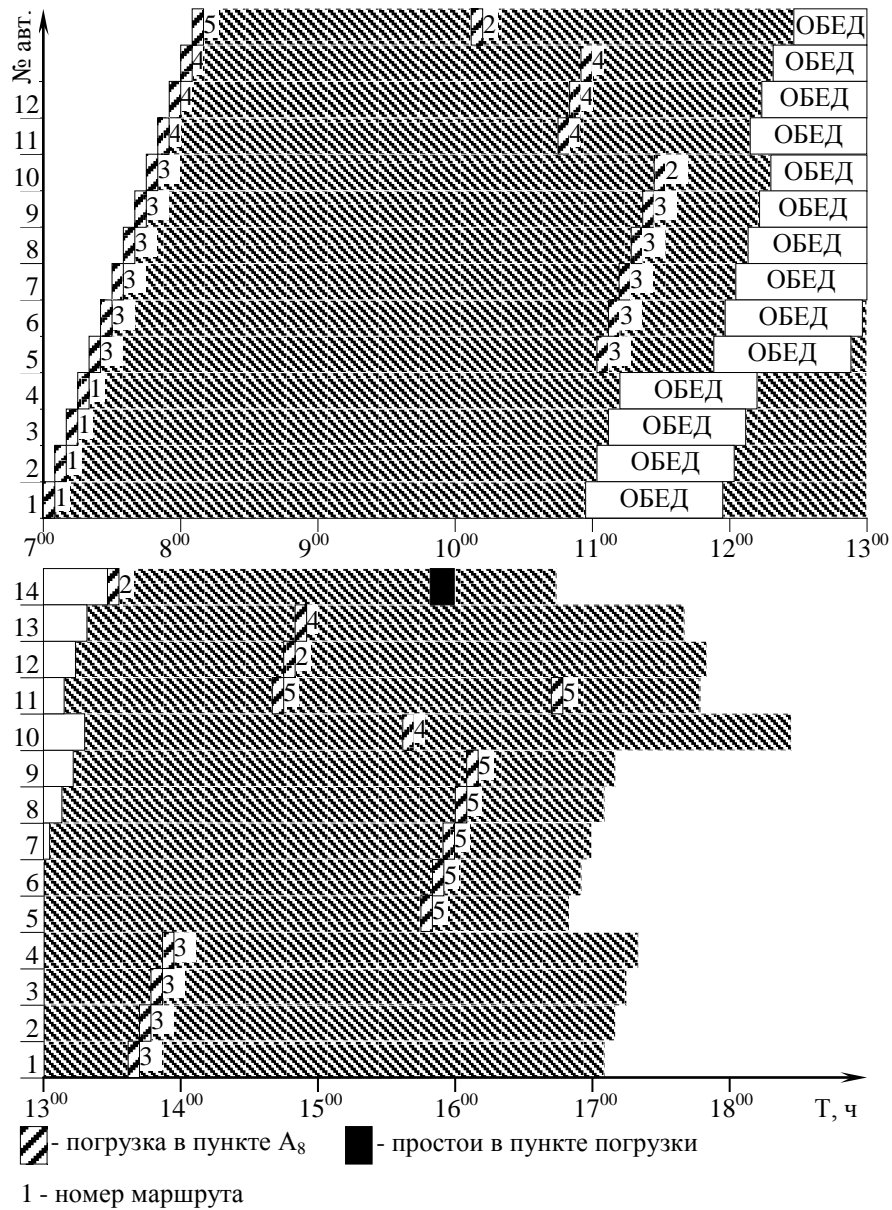


Рис. 9.6. Расписание функционирования транспортных средств по ветвям насыщенной комбинированной средней системы

В результате расчетов и построения расписания работы системы получено, что взаимное воздействие транспортных средств вызвало дополнительные потери времени в ожидании погрузки и составило 0,1 ч. Модель описания функционирования средних автотранспортных систем дает возможность: установить научно обоснованные нормативные задания для транспортных средств, их производительности, объемов перевозок; определить занятость по времени грузовых постов и величины переработанного груза и осуществить сравнение оперативных суточных заданий с фактом работы; получить материал для принятия управленческого решения, а также для анализа влияния изменения технико-эксплуатационных показателей на эффективность работы всех участников транспортно-технологического процесса; произвести научно обоснованную оценку ресурсов, привлекаемых для совершения транспортно-технологического процесса.