

636.а
0-62

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

**Кафедра экономики, организации и управления
производством**

Утверждено
редакционно-издательским
советом института

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ
И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Методические указания

для слушателей ФПК и студентов-дипломников
специальности АТС

Москва — 1986

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981 — 1985 гг. и на период до 1990 г. предусмотрено: «На железнодорожном транспорте осуществлять техническое перевооружение, обеспечить дальнейшее увеличение провозной и пропускной способности железных дорог, а также наращивание мощностей железнодорожных станций и узлов».

Одним из путей решения поставленных задач является дальнейшее оснащение железных дорог устройствами автоматики и телемеханики (АТ). Широкое внедрение этих средств является одним из решающих направлений технического прогресса на железнодорожном транспорте.

При сравнительно небольших капитальных вложениях эти устройства позволяют значительно повысить уровень эксплуатационной работы железнодорожных участков, снизить расходы на перевозки и улучшить условия труда работников практически всех подразделений транспорта. Так, двухпутная автоблокировка повышает пропускную способность участка более чем в два раза, диспетчерская централизация — на 40—50%; электрическая централизация стрелок увеличивает пропускную способность горловин станций и узлов в 1,5 — 2 раза. Если учесть, что диспетчерская централизация на 100 стрелок уменьшает эксплуатационный штат до 50 человек, то народное хозяйство страны получает большие выгоды. Так например, оборудование одного из главных ходов железной дороги в Сибири устройствами автоматики дало годовой экономический эффект 11,5 млн. руб. с одновременным сокращением штата на 1500 человек.

Внедряемая автоматика не только увеличивает пропускную способность железных дорог, но и повышает безопасность движения поездов, улучшает культуру труда и расширяет знания работников транспорта.

Говоря о широком внедрении этой техники, нельзя забывать о целях, которым она служит, т. е. необходимо иметь ясное представление о ее технико-экономической эффективности в процессе обеспечения перевозок.

При определении эффективности технических решений по устройствам железнодорожной автоматики и телемеханики следует исходить из положений типовых методик Академии наук СССР (1983 г.) и отраслевой инструкции по определению экономической эффективности капитальных вложений на ж.-д. транспорте (1973 г.), согласно которой, наряду с экономическими показателями эффективности, учитываются также технические количественные и качественные показатели, характеризующие уровень использования основных производственных фондов транспорта и в первую очередь подвижного состава и постоянных устройств. Поэтому эффективность применения устройств автоматики и телемеханики необходимо рассматривать во взаимной связи их с основными и эксплуатационными средствами транспорта, используемыми в процессе перевозок.

Известно, что основными средствами для совершения железнодорожных перевозок являются локомотивы, вагоны и пути с необходимыми сооружениями. Чем совершеннее устройства автоматики и связи, тем с большей выгодой используются эти средства для осуществления перевозок и тем меньше потребуются локомотивов, вагонов и путей для одного и того же объема работы.

Таким образом, определение экономической эффективности железнодорожной автоматики и телемеханики должно производиться комплексно, с учетом всех хозяйств, на которые эта техника оказывает влияние.

Современная техника автоматики изменяет также эксплуатационные расходы на штат, материалы, электроэнергию, объем ремонта и др. Она ускоряет операции по движению поездов, что приводит к экономии расходов на работу подвижного состава и на штат работников, организующих эту работу. В то же время вновь вводимая техника требует увеличения численности обслуживающих ее работников, а также повышения соответствующих эксплуатационных расходов.

В целях сокращения затрат труда и ресурсов на содержание и ремонт устройств автоматики важное значение имеет внедрение прогрессивных методов их технического обслуживания, увеличение периодичности профилактических работ за счет повышения надежности аппаратуры, совершенствования материального и морального стимулирования и т. п.

Однако в связи с усложнением техники, увеличением ее количества на дорогах, дефицитом обслуживающего персонала,

проводимая работа и существующие околотковые методы обслуживания устройств не позволяют успешно выполнить эти задачи.

В соответствии с приказом МПС № 24/Ц от 24 июня 1980 г. принято решение о внедрении на сети железных дорог индустриального метода технического обслуживания устройств, предусматривающего: диспетчерское круглосуточное руководство работами по текущему содержанию и ремонту устройств в сочетании с диагностикой и телеконтролем их состояния, переход от околоткового к бригадному методу обслуживания станционных и комплексному методу обслуживания участковых устройств автоматики, индустриализацию работ на основе централизованной замены и ремонта всей съемной аппаратуры на производственно-технических базах, оснащенных специализированными механизмами, современными автотранспортными средствами, станочным оборудованием и др.; причем эти базы должны располагаться вблизи крупных населенных пунктов, где можно создать хорошие культурно-бытовые условия обслуживающему персоналу.

Внедрение индустриального метода обслуживания автоблокировки на одной из дорог Урала вместо околоткового позволило повысить производительность труда на 10 — 15% и получить общую экономию фонда заработной платы более 40 тыс. руб. в год.

Все это необходимо учитывать при расчете эффективности различных устройств автоматики и телемеханики.

Вопрос о применении тех или иных вариантов устройств автоматики и телемеханики должен решаться на основе их технико-экономического сравнения с учетом равных условий эксплуатации в сопоставимом виде по важнейшим натуральным и стоимостным показателям.

Наилучший вариант сравниваемой техники автоматики и телемеханики определяется минимумом приведенных затрат \mathcal{E}_n , представляющих собой сумму ежегодных эксплуатационных расходов — C_i и единовременных капитальных вложений — K_i , приведенных к сопоставимому виду через нормативный коэффициент эффективности — E_n , или

$$\mathcal{E}_n = C_i + E_n K_i,$$

где E_n принят равным 0,1 для устройств автоматики и телемеханики, приводящих к увеличению пропускной и провозной способности линий и к значительному уменьшению трудовых

затрат; 0,15 — для «новой техники»; 0,33 — для АСУ и систем с использованием ЭВМ; 0,12 — в остальных случаях.

При сравнении двух вариантов можно использовать показатели сравнительной эффективности, коэффициент экономической эффективности $E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}$ или обратную ему величину — срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$t_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} \leq T_n.$$

При этом вариант с большими капитальными вложениями является эффективным, если коэффициент эффективности $E \geq E_n$ или срок окупаемости $t_{ок} \leq T_n$, где K_1, K_2 и C_1, C_2 — капитальные вложения и себестоимости по сравниваемым вариантам.

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r от применения новых устройств вместо существующих находится по формуле

$$\mathcal{E}_r = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2).$$

В соответствии с взаимной связью применяемых устройств автоматики и телемеханики и основных и эксплуатационных средств транспорта, расходуемых в процессе перевозок, формулу срока окупаемости можно представить в следующем виде:

$$t_{ок} = \frac{K_n - (\Delta K_{л} + \Delta K_{в} + \Delta K_{г}) - K_{ликв}}{365e_{пч} \Sigma N t_{эк} + (\Phi_c - \Phi_n) + (\mathcal{E}_c - \mathcal{E}_n)},$$

где K_n — стоимость новых вводимых устройств АТ, принимается по смете или нормативам удельных капвложений на измеритель устройств, тыс. руб.;

$\Delta K_{л}, \Delta K_{в}, \Delta K_{г}$ — стоимости высвобожденных локомотивов, вагонов и грузов на «колесах», тыс. руб.;

$K_{ликв}$ — ликвидная (реализуемая) стоимость заменяемых устройств, по данным ГТСС принимается от 0 ÷ 10% стоимости старых устройств, тыс. руб. При невозможности использования $K_{ликв}$ не учитывается;

$e_{пч}$ — укрупненная расходная ставка на 1 поезд-до-ч простоя грузового поезда, включающая в себя зарплату бригад, расходы по

содержанию, ремонту и амортизации подвижного состава, стоимость топлива, электроэнергии на собственные нужды;

$\Sigma Nt_{\text{эк}}$ — количество сэкономленных поездочасов простоя в сутки после введения новых устройств АТ (определяется по видам техники в последующих параграфах);

Φ_c, Φ_n — годовой фонд зарплаты на штат служб движения, пути, сигнализации и связи при старых и новых устройствах АТ, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_c, \mathcal{E}_n$ — общие годовые расходы на текущее содержание (без зарплаты) и амортизацию старых и новых устройств АТ, тыс. руб.

Численность работников указанных служб и их зарплата с различными доплатами и начислениями следует определять по установленным нормам на измеритель или по данным предприятия. Причем для расчета принимать изменяемый штат по двум условиям работы участков или станций с составлением соответствующих таблиц.

Затраты на материалы, запасные части и электроэнергию, связанные с текущим содержанием и работой устройств, устанавливаются исходя из укрупненных денежных норм расхода на единицу устройств; амортизационные отчисления принимаются в соответствии с утвержденными нормами от стоимости устройств, а прочие расходы — в процентах от фонда зарплаты. При внедрении новой техники, более дорогой, чем заменяемая, величина ($\mathcal{E}_c - \mathcal{E}_n$) всегда отрицательная.

В случае, если суммарная стоимость высвобождаемых основных средств транспорта будет превышать стоимость внедряемых устройств АТ, то в отдельных случаях нужно определять не срок окупаемости, а годовой экономический эффект — \mathcal{E}_r , тыс. руб.:

$$\mathcal{E}_r = (\mathcal{E}_c + \Phi_c) + E_n(\Delta K_d + \Delta K_b + \Delta K_r + K_{\text{лив}}) - \\ - (\mathcal{E}_n + \Phi_n) + 365e_{\text{пч}} \Sigma Nt_{\text{эк}} - E_n K_n.$$

Сокращение количества подвижного состава и ускорение доставки грузов потребителю за счет экономии времени на простои грузовых поездов определяется:

по локомотивному парку — $\Delta M_{\text{п}}$

$$\Delta M_{\text{п}} = \frac{\Sigma Nt_{\text{эк}}}{24\alpha_n(1 - \alpha_d)},$$

где α_{11} — коэффициент суточного использования локомотивов в поездной работе для электровозов $\alpha_{11} = 0,8$, для тепловозов $\alpha_{11} = 0,7$, $\alpha_{12} = 0,05$ — доля неисправных локомотивов;

по вагонному парку — $\Delta n_{\text{в}}$

$$\Delta n_{\text{в}} = \frac{\Sigma N t_{\text{эк}} \cdot m_{\text{в}}}{24 (1 - \alpha_{\text{в}})},$$

где $m_{\text{в}}$ — среднее количество вагонов в грузовом поезде;
 $\alpha_{\text{в}} = 0,02$ — доля неисправных груженых вагонов;

по грузовой массе «на колесах» — $\Delta \Gamma_{\text{к}}$

$$\Delta \Gamma_{\text{к}} = \Delta n_{\text{в}} p_{\text{д}},$$

где $p_{\text{д}}$ — средняя динамическая нагрузка вагона рабочего парка, т.

Стоимости высвобожденных из перевозочного процесса локомотивов, вагонов и грузов соответственно определяются тыс. руб.

$$\Delta K_{\text{л}} = \Delta M \Pi_{\text{л}}; \Delta K_{\text{в}} = \alpha_{\text{р}} \Delta n_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{в}}; \Delta K_{\text{г}} = \Delta \Gamma_{\text{к}} \cdot \Pi_{\text{г}},$$

где $\Pi_{\text{л}}$, $\Pi_{\text{в}}$ — средняя преёскурантная цена одного локомотива и одного вагона, тыс. руб.;

$\Pi_{\text{г}} = 280$ р. — средняя цена 1 т перевозимого груза;

$\alpha_{\text{р}} = 1,15$ — коэффициент, учитывающий нахождение вагонов в ремонте и резерве.

При $\Delta M_{\text{л}} \ll 1$ экономию капитальных вложений в локомотивный парк не учитывают.

В связи с сокращением потребности в подвижном составе соответственно снижаются эксплуатационные расходы по возобновлению, ремонту и содержанию локомотивов, вагонов и пути, а также фонд зарплаты локомотивных бригад.

При замене существующих устройств СЦБ на более совершенные следует учитывать ликвидную (реализуемую долю) стоимость демонтируемого оборудования, наличие которой уменьшает величину дополнительных капитальных вложений и которая определяется

$$K_{\text{ликв}} = (0 \div 0,10) K_{\text{с}},$$

где $K_{\text{с}}$ — стоимость старых устройств принимается на укрупненный измеритель, тыс. руб.

Остальные величины формулы $t_{ок}$ определяются в зависимости от особенности каждого вида применяемых устройств автоматики и телемеханики.

2. ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВ АВТОБЛОКИРОВКИ

Автоблокировка обеспечивает попутное следование поездов, разграниченных между собой короткими интервалами времени. При этом право занятия каждым поездом определенного участка пути дается показанием сигнала светофора автоматического действия.

Одним из условий эффективного применения автоблокировки на рассматриваемом участке является оборудование промежуточных станций электрической централизацией стрелок. Это позволяет существенно сократить продолжительность операций по регулированию движения поездов, что, в свою очередь, обеспечивает соответствующее увеличение пропускной способности перегонов и станций, повышение участковой скорости, ускорение оборота подвижного состава и доставки грузов и пассажиров.

При решении вопроса о применении автоблокировки вместо старых устройств необходимо учитывать ускорение движения поездов, от которого зависит количество сберегаемых поездочасов простоя, влияющих, в свою очередь, на размеры единовременных первоначальных капитальных вложений и ежегодных эксплуатационных расходов.

Поскольку на двухпутных и однопутных участках различная организация движения поездов, влияние устройств автоблокировки на скорость продвижения поездов по таким участкам и определение, в связи с этим, сберегаемых поездочасов простоя также различно.

При оборудовании двухпутных участков автоблокировкой (вместо полуавтоматической блокировки с ручными стрелками на промежуточных станциях) значительно сокращаются стоянки грузовых поездов при обгоне их пассажирскими. При достаточно больших размерах грузового и пассажирского движения затраты на строительство и содержание автоблокировки сравнительно быстро окупаются экономией на поездочасах простоя грузовых поездов при их обгоне пассажирскими.

Суточная экономия поездочасов простоя грузовых поездов при обгоне их пассажирскими определяется

$$\Sigma N t_{сч} = R_0 (t_{обг}^{1a} - t_{обг}^{a6}),$$

где R_0 — количество обгонов грузовых поездов пассажирскими на графике за сутки;

$t_{обг}^{па}$, $t_{обг}^{аб}$ — время стоянки грузового поезда под обгоном при полуавтоматической и автоматической блокировке, ч.

При решении практических задач количество обгонов можно определить

$$R_0 = \frac{2N_{гр} N_{пас} L}{24} \left(\frac{1}{v_{гр}} - \frac{1}{v_{пас}} \right),$$

где $N_{гр}$, $N_{пас}$ — размеры грузового и пассажирского движения, пар поездов в сутки;

L — эксплуатационная длина двухпутного участка, км;

$v_{гр}$, $v_{пас}$ — ходовые (технические) скорости движения грузовых и пассажирских поездов, км/ч.

Время стоянки грузовых поездов при обгоне их пассажирскими в мин. определяют:

при полуавтоматической блокировке (па)

$$t_{обг}^{па} = t_x(0,25 + 0,75\Delta) + 2\tau_{пс} + \tau_{рз};$$

при автоматической блокировке (аб)

$$t_{обг}^{аб} = 0,25t_x(1 - \Delta) + I_p + \tau_{рз},$$

откуда

$$t_x = \frac{2L \cdot 60}{v_{гр} \cdot d_{пер}}; \quad \Delta = \frac{v_{гр}}{v_{пас}},$$

где t_x — время хода пары грузовых поездов по перегону, мин.;

$d_{пер}$ — среднее число межстанционных перегонов;

$\tau_{пс}$ — станционный интервал попутного следования при полуавтоматической блокировке, 4 мин.;

$I_p = I_{пр} + I_{ст}$ — расчетный межпоездной интервал в пакете при 3- и 4-значной автоблокировке, мин. (может быть задан);

$\tau_{рз}$ — время на разгон и замедление поездов при их остановках, 3 мин.

На однопутном участке эффект от автоблокировки прежде всего определяется сокращением станционных интер-

валов по скрещению поездов, в результате чего увеличивается участковая скорость их движения.

Повышение участковой скорости и получаемое в результате этого сокращение поездо-часов простоя являются наиболее важными показателями эффективности внедряемых средств автоматики. При этом экономия поездо-часов определяется по наиболее простой формуле

$$\Sigma N t_{\text{э.к}} = 2N_{\text{гр}} L \left(\frac{1}{v_y^{\text{на}}} - \frac{1}{v_y^{\text{аб}}} \right),$$

где $N_{\text{гр}}$ — размеры движения пар грузовых поездов в сутки;

L — длина рассматриваемого участка, км;

$v_y^{\text{на}}$, $v_y^{\text{аб}}$ — участковая скорость движения грузовых поездов при полуавтоматической и автоматической блокировке, км/ч.

Участковые скорости для каждого вида устройств автоматики определяются по коэффициенту участковой скорости β_y и технической скорости движения поездов $v_{\text{гр}}$, км/ч (при па и аб)

$$v_y = \beta_y \cdot v_{\text{гр}}.$$

Для определения β_y предлагаются разработанные ВНИИЖТом и переработанные институтом Гипротрансигнальсвязь (ГТСС) практически удобные эмпирические формулы, учитывающие различные условия эксплуатации:

при полуавтоматической блокировке —

$$\beta_y = 1 - \frac{0,32(N_{\text{гр}} + 1,5N_{\text{пас}} - 5)}{60v_{\text{гр}} - 100} - \frac{0,2N_{\text{пас}} - 5}{v_{\text{гр}} - 50};$$

при автоблокировке —

$$\beta_y = 1 - \frac{N_{\text{гр}} + 1,33N_{\text{пас}}}{176v_{\text{гр}} - 3000} - \frac{1,64N_{\text{пас}}}{v_{\text{гр}} + 2}.$$

Определение коэффициента β_y возможно также и по другим известным источникам или по более точным формулам.

Применение автоблокировки на однопутных участках оказывает значительно большее влияние на повышение участковой скорости, чем на двухпутных, за счет сокращения времени

и числа остановок поездов на промежуточных станциях. При этом относительное повышение участковой скорости тем больше, чем выше ходовая скорость и чем больше число обращающихся на участке поездов.

Повышение участковой скорости, создавая экономию поездочасов, приводит к сокращению эксплуатационных расходов, а следовательно, к снижению себестоимости перевозок.

Введение новых устройств автоматики вызывает значительные изменения в контингенте работников, связанных с перевозками. Сама автоблокировка, как правило, не уменьшает штата работников, организующих движение поездов, если на промежуточных станциях участка сохраняется существующий (например, ручной) способ управления стрелками, но в то же время увеличивает обслуживающий технический персонал по хозяйству сигнализации и связи примерно до 15 — 20 человек на 100 км. Однако следует иметь в виду, что при введении вместе с автоблокировкой на перегонах и электрической централизации на промежуточных станциях за счет ЭЦ происходит высвобождение дежурных по стрелочным постам и общая численность штата уменьшается.

Сокращение штата работников службы движения, как правило, превышает увеличение числа работников по содержанию и ремонту устройств СЦБ и пути и приводит к увеличению производительности труда этой группы работников

$$\Delta\Pi_{\text{д}} = \left(\frac{Ч_{\text{с}}}{Ч_{\text{н}}} - 1 \right) \cdot 100\%,$$

где $Ч_{\text{с}}$, $Ч_{\text{н}}$ — общий штат при старых и новых устройствах автоматики.

В настоящее время автоблокировка непрерывно совершенствуется, как с целью повышения ее надежности, так и снижения строительных и эксплуатационных затрат, что значительно повышает эффективность этой техники. Одной из новинок, внедряемых на транспорте, является централизованная автоблокировка (ЦАБ), при которой за счет увеличения расхода кабеля вся перегонная аппаратура располагается на прилегающих станциях и отсутствуют частично или полностью проходные светофоры и релейные шкафы на перегоне. В результате этого ускоряется строительство системы, сокращается численность обслуживающего персонала и улучшаются условия его труда, что уменьшает капитальные затраты и эксп-

луатационные расходы, повышает надежность устройств и производительность труда работников участка.

Для определения экономической эффективности ЦАБ необходимо рассчитать: капитальные вложения по сметным нормам, технический штат (по нормам времени), расход материалов, электроэнергии и амортизационных отчислений на текущее содержание и ремонт устройств с учетом уменьшения перегонного оборудования автоблокировки и расположения некоторой его части на станциях. По полученным данным найти единовременную и ежегодную экономию затрат при применении ЦАБ вместо типовой автоблокировки и определить годовой экономический эффект.

3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Диспетчерская централизация (ДЦ) является наиболее совершенным из всех устройств автоматики и телемеханики, применяемых для регулирования движением поездов на железнодорожном транспорте.

Оборудование диспетчерской централизацией однопутных линий сокращает время стоянок и уменьшает количество остановок поездов при их скрещении и обгонах на промежуточных отдельных пунктах, что позволяет с применением пакетного графика движения поездов повысить пропускную способность участка на 35 — 40% по сравнению с полуавтоматической блокировкой.

На двухпутных участках диспетчерская централизация может применяться с целью использования обоих главных путей перегона для двустороннего движения поездов, что может обеспечить возможность обгона одними поездами других в пределах перегонов, а также на случай производства путевых работ с закрытием одного из двух главных путей.

На грузонапряженных двухпутных участках двусторонняя диспетчерская централизация при укладке на них вставок для осуществления безостановочного сбгона поездов позволяет при меньших капиталовложениях, чем требуется для строительства третьего главного пути, получить одинаковое и даже большее увеличение пропускной способности двухпутных линий.

Одновременно с увеличением пропускной способности участка при диспетчерской централизации повышается участковая скорость движения поездов на 15 — 20% по сравнению с полуавтоматической блокировкой, что выражается в ускоре-

нии оборота подвижного состава, а в связи с этим уменьшаются эксплуатационные расходы и потребность в локомотивах и вагонах.

При решении вопроса об устройстве на каком-либо участке диспетчерской централизации необходимо определить достигнутые при этом основные эксплуатационно-технические показатели и выяснить их экономическое значение. Здесь первостепенное значение имеют эксплуатационная характеристика рассматриваемого участка (время хода на пару поездов, тип локомотива, число вагонов и техническая скорость поезда) и условия его работы и развития (исходная и перспективная потребная пропускная способность).

На участках, оборудованных диспетчерской централизацией, обеспечивается высокая степень безопасности движения поездов в результате воздействия диспетчера непосредственно на сигнал светофора на станции, минуя дежурного.

При этом общий штат работников движения, пути, сигнализации и связи, непосредственно связанных с организацией движения поездов, уменьшается в связи с тем, что операции по управлению стрелками и сигналами передаются диспетчеру и отпадает потребность в дежурных по стрелочным постам и по станциям, хотя одновременно значительно возрастает штат монтеров пути по очистке стрелок и технических работников по содержанию устройств диспетчерской централизации.

Уменьшение числа остановок поездов при введении диспетчерской централизации, а также автоблокировки вызывает дополнительную экономию расходов, связанных с энергетическими затратами и ремонтом подвижного состава и пути в связи с увеличенным износом их при разгоне и торможении — $\Delta \mathcal{E}_{\text{рт}}$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{рт}} = 365 \cdot N_{\text{гр}} \cdot (K_{\text{ост}}^{\text{с}} - K_{\text{ост}}^{\text{н}}) e_{\text{рт}},$$

где $K_{\text{ост}}^{\text{с}}$, $K_{\text{ост}}^{\text{н}}$ — количество остановок, приходящихся на пару грузовых поездов, при старых и новых устройствах АТ;

$e_{\text{рт}}$ — расходы по разгону и торможению на одну остановку поезда, руб.

Для определения $K_{\text{ост}}$ используют эмпирические формулы, учитывающие различные условия эксплуатации:

для двухпутных участков — при на и аб

$$K_{\text{ост}} = \frac{LN_{\text{пас}}(1 - 1,09\Delta\beta_y)}{12v_{\text{гр}}\beta_y} + 2;$$

$$\beta_y = \frac{1440 - N_{\text{пас}}t_{\text{обр}}}{1470 - 1,09N_{\text{пас}}t_{\text{обр}}\Delta};$$

для однопутных участков на 100 км — при полуавтоблокировке

$$K_{\text{ост}}^{\text{па}} = 1,5 + \frac{N_{\text{гр}}}{6,65 [(1 - 1,15v_{\text{гр}} \cdot 10^{-2})(1 - 1,77N_{\text{пас}} \cdot 10^{-2}) - 1]};$$

при автоблокировке и ДЦ

$$K_{\text{ост}}^{\text{аб}} = 0,0162 \left[0,091 (N_{\text{пас}} + 5) \left(\frac{100}{0,3v_{\text{гр}} - 1,2} - 1,25 \right) + 1 \right] \times \\ \times (N_{\text{гр}} + 5) + 0,6.$$

При определении общей величины экономии эксплуатационных расходов с введением новых участковых устройств автоматики необходимо учитывать и экономию на разгонах и торможениях поездов — $\Delta\mathcal{E}_{\text{рг}}$.

Остальные показатели рассчитываются аналогично способу, рассматриваемому для устройств автоблокировки, и определяется срок окупаемости диспетчерской централизации и размеры движения поездов, при которых экономически целесообразно применять диспетчерскую централизацию вместо полуавтоблокировки.

4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Электрическая централизация (ЭЦ) занимает одно из ведущих мест в ускорении технологических процессов по обработке поездов на железнодорожных станциях.

Экономический эффект, получаемый при введении электрической централизации, подсчитывают в сравнении с простейшими устройствами СЦБ, обеспечивающими такую же безопасность движения, как и электрическая централизация.

К таким устройствам относится ключевая зависимость при ручном управлении стрелками и сигналами и полной изоляцией путей — маршрутно-контрольные устройства (МКУ).

Применение электрической централизации на станции вместо МКУ сокращает продолжительность операций по переводу стрелок, приготовлению маршрутов, открытию и закрытию сигналов. В результате создаются более благоприятные условия для разработки и внедрения такого технологического процесса работы станции, при котором обеспечивается более быстрое продвижение поездов через станцию, поскольку с уменьшением времени на отдельные операции уменьшается влияние совпадения во времени этих операций при различных нарушениях. Поэтому важным показателем для станционных устройств является время приготовления маршрута, уменьшение которого при электрической централизации сокращает станционные интервалы и значительно повышает пропускную способность.

Ускорение операций по установке и разделке маршрутов, секционное размыкание маршрутов, а также наличие информации о состоянии путей и стрелок при введении электрической централизации позволяют сократить непроизводительный простой поездов на станции. Это время выражается количеством сберегаемых поездочасов простоя при электрической централизации.

Полнота оценки экономической эффективности электрической централизации зависит от того, как определены поездочасы простоя, которые находятся в сложной зависимости от объема работы станции, технической оснащенности прилегающих перегонов и уровня соответствия пропускной способности предыдущих и последующих элементов станции.

Способы управления стрелками в значительной мере определяют порядок подготовки поездов к отправлению и специализацию приемо-отправочных путей, что непосредственно отражается на экономических показателях работы станций.

Более правильно экономия времени на поездочасах простоя при электрической централизации определяют с учетом комплексного рассмотрения способов управления стрелками и неравномерности движения поездов. При этом количество сберегаемых поездочасов простоя до и после введения электрической централизации равно

$$\sum N t_{\text{жк}} = \frac{\beta_{\text{э}} (t_{\text{жк}}^{\text{п}} - t_{\text{жк}}^{\text{э}}) (N_{\text{тр}} + N_{\text{рас}} + 2N_{\text{фор}})}{60}$$

где β_3 — коэффициент эффективности ЭЦ, характеризующий степень сокращения времени простоя поездов на станции с учетом резерва пропускной способности стрелочной горловины α ;

t_m^p, t_m^a — время приготовления и проверки маршрута при ручных стрелках (8 — 10 мин) и электрической централизации (0,2 — 0,3 мин);

$N_{тр}, N_{рас}, N_{фор}$ — число поездов транзитных, расформировываемых и формируемых.

Для практических расчетов коэффициент β_3 приближенно принимают равным от 0,5 до 1,1:

при $\alpha \geq 40\%$ $\beta_3 = 0,5$;

при $\alpha \leq 20\%$ $\beta_3 = 1,1$.

Более точное значение коэффициента β_3 может быть установлено по суточному плану-графику работы станции, построенному для двух условий до и после введения на ней электрической централизации.

Если известна пропускная способность при ручных стрелках, то, зная время приготовления маршрута, можно вычислить пропускную способность станций при электрической централизации по формуле

$$N_{гр}^a = \frac{1440 N_{фак}}{1440 - N_{гр}^p \beta_3 (t_m^p - t_m^a)}$$

где $N_{фак}$ — фактические размеры движения поездов в сутки;

$N_{гр}^p, N_{гр}^a$ — пропускная способность для грузовых поездов соответственно до и после введения электрической централизации.

Кроме того, необходимо учитывать влияние электрической централизации на экономию времени простоя подвижного состава на маневрах:

$$\sum M t_{эк} = \frac{\Delta t_{ср}^m r_{л}}{60} \text{ лок.-ч/сут.};$$

$$\sum n t_{эк} = \frac{\Delta t_{ср}^m r_{л} m_{ср}}{60} \text{ ваг.-ч/сут.},$$

где $\Sigma M t_{\text{эк}}$, $\Sigma nt_{\text{эк}}$ — суточная экономия соответственно локомотиво-часов и вагоно-часов при маневрах;

$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{М}}$ — среднее сберегаемое время на одно маневровое передвижение, мин;

$r_{\text{д}}$ — количество маневровых передвижений в сутки;

$m_{\text{ср}}$ — среднее число вагонов в одном маневровом передвижении.

Ежегодную экономию эксплуатационных расходов на сокращение простоя подвижного состава при маневрах определяют, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{лч}} = 365 \cdot e_{\text{лч}} \cdot \Sigma M t_{\text{эк}};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{вч}} = 365 \cdot e_{\text{вч}} \cdot \Sigma nt_{\text{эк}},$$

где $\Delta \mathcal{E}_{\text{лч}}$, $\Delta \mathcal{E}_{\text{вч}}$ — экономия эксплуатационных расходов за счет сокращения простоя локомотивов и вагонов при маневрах, тыс. р.;

$e_{\text{лч}}$, $e_{\text{вч}}$ — стоимости одного локомотиво-часа и одного вагоно-часа простоя, р.

Количество и стоимости высвобожденных локомотивов, вагонов и грузов при маневрах на станциях при электрической централизации определяют на основе принятых усредненных данных по аналогии с поездной работой.

Годовую экономию эксплуатационных расходов за счет сокращения общей численности штата и увеличение годовых расходов на текущее содержание и ремонт устройств электрической централизации определяют аналогично ранее изложенному.

В результате сопоставления полученных дополнительных капитальных вложений с экономией на годовых эксплуатационных расходах определяют эффективность применения электрической централизации по сроку окупаемости или минимуму приведенных затрат.

Важными показателями, характеризующими новые системы электрической централизации, являются: надежность, автоматизация станционной работы, блочность, малогабаритные реле, новая элементная база и ЭВМ, экономия дефицитных материалов и электроэнергии, безопасность движения и улучшение условий культуры труда работников. Все это необходи-

мо учитывать при выборе того или иного варианта применения ЭЦ.

5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

Внедрение механизации и автоматизации сортировочного процесса на горках сокращает время нахождения вагонов на станции и уменьшает связанную с ним потребность в рабочем парке вагонов; увеличивает перерабатывающую способность горки; улучшает социальные условия труда и повышает производительность труда работников станции.

Эффект от внедрения механизации и автоматизации необходимо определять, сравнивая варианты, отличающиеся друг от друга только устройствами автоматики и механизации сортировочного процесса на горке.

Снижение времени ожидания состава при его расформировании можно достигнуть за счет уменьшения горочного технологического интервала и увеличения скорости роспуска состава путем автоматизации перевода стрелок в маршрутах и управления замедлителями при торможении отцепов, а также применения радиосвязи, горочной автоматической локомотивной сигнализации, телеуправления горочным локомотивом и др.

Механизация и автоматизация горок (АМГ) оказывает существенное влияние на скорость роспуска составов. При этом на немеханизированных горках средние скорости составляют $4 \div 5$ км/ч, механизированных — $5 \div 6$ и автоматизированных — $6 \div 8$ км/ч. Но скорость роспуска во многом зависит от количества отцепов и числа вагонов в них.

Уменьшение величины горочного технологического интервала с внедрением АМГ увеличивает перерабатывающую способность сортировочной горки — $n_{пер}$, которую при последовательном роспуске можно определить, ваг./сут.

$$n_{пер} = \frac{(1440\alpha_r - T_n) m_p}{t_{гц} \nu_n},$$

где α_r — коэффициент, учитывающий перерывы в использовании горки из-за враждебных передвижений—0,97;
 T_n — время технологических перерывов в работе горки при ремонтах, смене бригад и других операций, мин;
 m_p — среднее число вагонов в расформировываемом составе;

$t_{гц}$ — горочный технологический интервал в цикле

$$\left(t_{гц} = \frac{T_{гц}}{N_{гц}} \right), \text{ мин;}$$

$T_{гц}$ — длительность технологического цикла работы горки;

$N_{гц}$ — число составов, расформировываемых за период $T_{гц}$;

μ_n — коэффициент повторной сортировки, из-за недостатка числа и длины сортировочных путей — 1,05.

Экономическая эффективность механизации и автоматизации горок определяется экономией вагоно-часов простоя $\Sigma nt_{эк}$ в год за счет сокращения времени ожидания готового состава в парке приема $\Delta t_{ож}^p$ и ускорения продолжительности роспуска его с горки Δt_p

$$\Sigma nt_{эк} = 365 (\Delta t_{ож}^p + \Delta t_p) N_{рас} m_p,$$

откуда

$$\Delta t_{ож}^p = t_{ож}^c - t_{ож}^a; \quad t_{ож}^{c(a)} = \frac{N_{рас} t_r^2 (v_{вх}^2 + v_r^2)}{2(24 - N_{рас} t_r)};$$

$$t_r = t_{гц} \left(1 + \frac{T_n}{24 - T_n} \right); \quad \Delta t_p = t_p^c - t_p^a;$$

$$t_p^{c(a)} = \frac{m_o t_o}{60} = \frac{l_n}{10^3 v_p} = \frac{l_n t_o}{60 l_o}; \quad t_o = t_{ис} + \Delta t_z + t_{от} + t_{зс},$$

где t_p^c , t_p^a — время роспуска составов с горки до и после введения автоматики, ч;

l_n — длина поезда, м; l_o — длина отцепа, м;

v_p — скорость роспуска состава, км/ч;

$t_{ож}^c$, $t_{ож}^a$ — среднее время ожидания в парке приема начала расформирования состава до и после введения автоматики;

t_r — средний горочный интервал времени между возможными началами роспуска составов, ч;

$\gamma_{вх}$, γ_r — коэффициенты вариации горочных интервалов входящего потока составов и времени их обслуживания;

$N_{рас}$ — число расформировываемых составов в сутки;

- t_0 — интервал между отцепами, зависящий от применяемых средств автоматизации и механизации горок;
- $t_{пс}$ — время перевода стрелки (можно уменьшить применением быстродействующих электроприводов);
- $\Delta t_{з}$ — разность времени хода между плохим и хорошим бегуном (сводится к нулю с помощью замедлителей и АРС);
- $t_{оп}$ — время оператора для обдумывания маршрута (уменьшается применением ГАЦ);
- $t_{зс}$ — время занятости стрелочного участка (сокращается применением АРС и АЗСР).

Общая экономия на эксплуатационных расходах — $\Delta \mathcal{E}_{АМГ}$,

$$\Delta \mathcal{E}_{АМГ} = e_{вч} \Sigma n t_{эк} - \Delta \mathcal{E}_{сол} + \Delta \Phi_r,$$

где $\Delta \mathcal{E}_{сол}$ — увеличение годовых расходов на содержание горочной автоматики (без зарплаты);

$\Delta \Phi_r$ — годовые сбережения фонда зарплаты за счет уменьшения штата регулировщиков скорости и других работников горки при введении на ней автоматики.

Зная капитальные вложения в устройства автоматики на горке, можно определить срок окупаемости, лет

$$t_{ок} = \frac{K_a - (\Delta K_v + \Delta K_r)}{\Delta \mathcal{E}_{АМГ}},$$

где ΔK_v , ΔK_r — стоимости высвобожденных вагонов и грузов за счет экономии вагоно-часов простоя от сокращения времени ожидания и ускорения роспуска состава.

Полная автоматизация коренным образом изменяет условия труда работников сортировочных горок и освобождает их от сложных действий на пульте управления при разборке составов, требующих огромного напряжения и точности. При этом в зависимости от условий работы станции перерабатывающая способность горки значительно увеличивается по сравнению с неполной автоматизацией.

Таким образом, внедрение автоматизации и механизации сортировочного процесса на горках сокращает время нахож-

дения вагонов на станции, уменьшает в связи с этим потребность в рабочем парке вагонов и повышает производительность труда работников станции.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы XXVII съезда КПСС. М.: Политиздат, 1986 ~~с. 471~~.
2. Методические указания по определению экономической эффективности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1980.— 144 с.
3. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений. М.: Транспорт, 1973.— 200 с.
4. Эффективность капитальных вложений. Сборник утвержденных методик.— М.: Экономика, 1983.— 183 с.
5. Борисов Д. П. Методические указания по определению эффективности устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. М.: МИИТ, 1969.— 34 с.
6. Сотников И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. М.: Транспорт, 1976.— 268 с.
7. Козлов В. Е. Эффективность диспетчерской централизации на однопутных и двухпутных линиях. Тр. ЦНИИ. М.: Трансжелдориздат, 1959, вып. 167.— 152 с.
8. Петров Ю. Д. и др. Экономика, организация и планирование хозяйства сигнализации и связи. М.: Транспорт, 1981.— 304 с.
9. Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на ж.-д. транспорте. ГТСС. Л., 1978.— 40 с.
10. Ошурков И. С., Баркаган Р. Р. Проектирование электрической централизации. М.: Транспорт, 1980.— 295 с.
11. Железнодорожный транспорт в СССР и за рубежом. Обзор за 1980 г. ЦНИИТЭИ МПС. 1981, Вып. 12.— 156 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Эффективность устройств автоблокировки	9
3. Эффективность диспетчерской централизации	13
4. Эффективность электрической централизации	15
5. Эффективность механизации и автоматизации сортировочных горок	19
Список рекомендуемой литературы	22

Составитель: Василий Иванович Макаров

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Редактор И. С. Громыкина
Техн. редактор Н. Н. Васильева
Корректор Г. М. Пастушкова

Сдано в набор 31/X 1984 г. Подписано в печать 18/III 1986 г.
Формат 60×90^{1/8}. Печ. л. 1,5. Зак. 1823. Тир. 400. Бесплатно.
Редакционно-издательский отдел МИИТа

Типография МИИТа, Москва, ул. Образцова, 15.