

С С С Р - М П С
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

на правах рукописи

Инженер КУЛАЕВ К.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИТУАЦИИ СТАНЦИИ
НА ПЛАНИРУЕМЫЙ ПЕРИОД О ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ И ЭЦВМ

Специальность 05.434. Эксплуатация
железнодорожного транспорта.

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических
наук.

Днепропетровск
1969

С С С Р - М П С
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

на правах рукописи

Инженер КУЛАЕВ К.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИТУАЦИИ СТАНЦИЙ
НА ПЛАНИРУЕМЫЙ ПЕРИОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ И ЭЦВМ

Специальность 05.434. Эксплуатация
железнодорожного транспорта.

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических
наук.

Днепропетровск
1969

41759

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Н.Р.ЮЩЕНКО.

Официальные оппоненты : доктор технических наук, профессор Е.М.ШАФИТ, кандидат технических наук доцент Бернардо дел РИО.

Автореферат разослан 27 сентября 1969 г.

Защита диссертации состоится 29 января 1970 г. на заседании Ученого Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (г.Днепропетровск, 10. улица Университетская, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета КЛИМКОВСКИЙ Б.М.

В В Е Д Е Н И Е

Директивы XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966-1970 годы поставили перед транспортниками задачу по более полному удовлетворению потребностей экономики страны в перевозках.

Увеличение железнодорожных перевозок на сети решается, с одной стороны, путем строительства новых локомотивов и вагонов, с другой, - улучшением использования имеющегося подвижного состава.

В настоящей работе рассматриваются некоторые вопросы второго пути - ускорения оборота вагона на сортировочных станциях.

Известна роль сортировочных станций в работе отдельных участков и направлений. Помимо того, что непосредственный процесс переработки вагонов на этих станциях составляет значительную часть времени в обороте вагона, работа грузовых станций и прилегающих к ним поездных участков постоянно зависит от деятельности сортировочных станций.

Многие ученые транспорта как у нас, так и за рубежом уделяли и уделяют сортировочным станциям серьезное внимание. Научные труды академика В.Н.Образцова, профессоров П.В.Бартенева, Ф.П.Кочнева, А.Д.Каретникова, А.П.Петрова, С.П.Бузанова, Н.Р.Ющенко, А.М.Долаберидзе, Е.А.Гибсмана, В.Д.Никитина, И.Г.Тихомирова, К.А.Бернгарда, Е.М.Шафита, А.И.Платонова и многих других ученых в сочетании с практическим опытом инженеров, техников и рабочих станций Нижнеднепровск-Узел, Дебальцево, Ясиноватая, Ленинград-сортировочный Московский, Свердловск-сортировочный, Инская и многих других станций позволили высоко поднять перерабатывающую способность сортировочных станций.

Сегодня главным направлением дальнейшего увеличения перерабатывающей способности сортировочной станции и сокращения времени нахождения на ней вагонов является автоматизация всей сортировочной работы.

Проблему автоматизации работы сортировочной станции можно разделить на две части - на оптимизацию оперативного планирования и автоматизацию работы станции.

В настоящей работе рассматривается первая часть проблемы - оптимизация оперативного планирования.

Реальность составляемых оперативных планов работы станций, отделений и дороги в целом зависит от того, насколько полно они учитывают все факторы, влияющие на работу транспортной единицы в течение планируемого периода.

Применение вычислительной техники позволяет наиболее полно и своевременно учесть необходимые информационные данные при составлении указанных планов работы.

Разработанные системы составления оптимальных планов работы для сортировочных станций Свердловск-сортировочный, Ленинград-сортировочный Московский, Горький-сортировочный и Орехово-Зуево имеют одну основу. Они базируются на положении станции к началу планируемого периода (наличие поездов, вагонов и локомотивов на станционных путях, характеристика парков, график движения поездов, план формирования и т.д.) и на данных предварительной информации о подходе поездов.

Критерием, по которому рассчитывается оптимальный план, на всех станциях выбран минимальный простой вагонов и локомотивов на станции. Выдаваемые решения по своему содержанию примерно одинаковы. Они состоят из плана приёма поездов, расформирования, формирования и отправления.

Большое внимание вопросу автоматизации работы сортировочной станции уделяется и на зарубежных железных дорогах. Так, на станциях Сент-Луис и Селкирк (США), Корияма (Япония), Зелльце и Корнвестгейм (ФРГ) и на некоторых других зарубежных станциях электронные вычислительные машины помогают решать ряд задач по автоматизации сортировочного процесса.

Информационно-планирующие системы, примененные на ряде сортировочных станций СССР, так же, как и аналогичные системы на зарубежных железных дорогах, решая задачу составления плана работы сортировочной станции, "проигрывают" работу станции за расчетный период, не прогнозируют осложнений, которые могут появиться на станции во время реализации рекомендованного плана. Следовательно, появление таких осложнений для оперативных работников является непредвиденным фактором и вызывает определенные затруднения при выполнении рекомендаций ЗЦВМ.

Для успешного выполнения рекомендованного плана оперативные руководители станции должны получать кроме постоянной (техническая вооруженность станции, план формирования, график движения поездов и др.) и переменной (сведения о прибывающих поездах и вагонах) информации еще и так называемую текущую информацию, появляющуюся уже во время реализации плана.

Такая текущая информация должна отражать изменения в работе станции, возникающие в процессе выполнения составленного плана. Она должна заблаговременно информировать оперативных руководителей смены о тех отклонениях от технологического процесса, которые появятся во время реализации плана и нарушат заданный ритм работы станции.

В силу того, что действующие указания по составлению оперативных планов работы сортировочных станций и рекомендации по моделированию перевозочного процесса базируются на постоянной и переменной информации и не учитывают текущую, маневровый диспетчер во время реализации такого плана вносит в него необходимые коррективы. Для того, чтобы эти коррективы были своевременны и не снижали темп работы станции и необходима эта текущая информация об осложнениях, которые могут появиться на станции в течение планируемого периода.

Следовательно, непрерывное заблаговременное получение указанной текущей информации является неотъемлемой частью оптимизации оперативного планирования.

Решение этой задачи в настоящей работе основано на применении системы сетевого планирования и управления при построении модели работы сортировочной станции.

Периодически просчитывая построенный сетевой график, можно не только составить план работы станции, но и заблаговременно выявить затруднения, которые могут возникнуть во время реализации рекомендованного плана.

Поскольку для решения этой задачи необходимо переработать очень много разнообразной информации, характеризующей непрерывные изменения большого количества работ и событий, для составления указанных планов применяется вычислительная техника.

В настоящей работе применение вычислительной техники на железнодорожном транспорте для решения эксплуатационных задач основано на принципах системы "человек-машина", при которой допускается участие человека в решении поставленных задач.

Таким образом, суть настоящей работы заключается в разработке системы, позволяющей с помощью сетевого графика и ЭЦВМ составлять план работы и одновременно прогнозировать ситуацию станции в течение расчетного периода и, заблаговременно выявляя "узкие" места, которые могут появиться на станции в течение планируемого отрезка времени, информировать о них оперативных руководителей станции.

Естественно, такой прогноз и информация нужны для того, чтобы работники станции могли своевременно принять необходимые меры и не допустить намечавшийся сбой в работе.

Для решения этой задачи в работе рассмотрены следующие вопросы :

- а) анализ факторов, определяющих устойчивую работу сортировочной станции;
- б) построение сетевого графика - модели работы сортировочной станции;

- в) способ прогнозирования ситуации станции на планируемый период;
- г) исследование предлагаемой системы прогнозирования в производственных условиях.

Диссертационная работа состоит из введения, 6-ти глав текста, выводов и приложений.

В первой главе анализируются основные элементы сортировочного комплекса, определяющие работу станции.

К таким основным элементам относятся: парк присытия, горна, сортировочный парк, вытяжки и парк отправления.

Работа указанных элементов станции оценивается следующими основными показателями :

- а) выполнением графика приёма и отправления поездов;
- б) величиной простоя вагонов на станции;
- в) величиной простоя локомотивов на станции;
- г) производительностью маневровых локомотивов;
- д) степени использования перерабатывающей способности горни;
- е) степени использования перерабатывающей способности вытяжек формирования;
- ж) себестоимостью переработки вагонов.

Результаты анализа приведенных показателей позволили установить, что часть из них характеризует техническую сторону работы сортировочной станции, другая - экономическую. Но ни один из перечисленных показателей не может самостоятельно оценить работу сортировочной станции. По ним нельзя оценить работу прилегающего поездного участка, который диктует станции необходимый темп её работы и работа которого, в свою очередь, определяется работой сортировочной станции.

Таким показателем, характеризующим работу сортировочной станции и прилегающих к ней участков, отражающим их взаимозависимость и оценивающим уровень эксплуатационной работы всего направления, в работе принято обеспечение беспрепятственного приёма поездов сортировочной станцией.

Следует оговориться, что речь идёт о таких сортировочных станциях, как Нижнеднепровск-Узел, Ясиноватая, Дебальцево, Свердловск-сортировочный, Искра, Ленинград-сортировочный Московский и им подобных станциях, то есть о станциях с большим объёмом работы, перерабатывающая способность которых уже зачастую не соответствует темпам работы на прилегающих к ним поездных участках.

Во второй главе анализируются причины, нарушающие беспрепятственный приём поездов станцией, вызывающие задержки поездов на подходах к паркам прибытия.

Указанные причины могут быть :

А/ внешними, при которых темп подхода разборочных поездов со всех примыкающих к станции направлений выше темпа работы горки; в этом случае $J_n < J_p^T$ (1);

Б/ внутристанционными, появляющимися при снижении темпа работы горки по расформированию; $J_p^p > J_p^T$ (2).

J_n - интервал прибытия разборочных поездов на станцию;

J_p^p - интервал расформирования (фактический);

J_p^T - интервал расформирования по технологическому процессу.

Анализ внешней причины показал, что устранение неравенства $J_n < J_p^T$ решается двумя путями.

Первый путь - совершенствование графика движения поездов, более равномерная прокладка разборочных поездов.

Второй путь - приведение в соответствие количества путей в станционных парках с интенсивностью движения поездов на примыкающих к станции участках, с учётом действующей на них неравномерности движения.

Рассматривая внутристанционные причины, вызывающие нарушение необходимого ритма работы станции, в настоящей главе анализируется интервал расформирования - J_p^p .

Этот интервал состоит из :

$$T_p = t_n + t_p + t_{\text{инт}}, \quad (3)$$

где

t_n - время надвига состава на горку;

t_p - время роспуска;

$t_{\text{инт}}$ - интервал между двумя последовательно расформируемыми составами.

$t_{\text{инт}}$ - время между двумя последовательными роспусками составов зависит от времени на осаживание заг-

нов ($t_{\text{ос}}$), на постоянные операции, не связанные с процессом расформирования, приходящиеся на каждый состав ($\sum t'_{\text{пост}}$), на подготовку сортировочного парка к роспуску (t_c) и на освобождение горловины предгорочного парка возвращающимся маневровым локомотивом ($t_{\text{горл}}$).

$$t_{\text{инт}} = t_{\text{ос}} + \sum t'_{\text{пост}} + t_c + t_{\text{горл}}. \quad (4)$$

Из (3) и (4)

$$T_p = t_n + t_p + t_{\text{ос}} + \sum t'_{\text{пост}} + t_{\text{горл}} + t_c. \quad (5)$$

Анализ основных элементов горочного цикла показывает, что величины времени на надвиг состава на горб горки (t_n), на роспуск (t_p), на осаживание ($t_{\text{ос}}$), $\sum t'_{\text{пост}}$ и на $t_{\text{горл}}$ на каждой сортировочной станции технологически обоснованы и практически постоянны, величина же интервала между двумя последовательными роспусками, связанного с подготовкой сортировочного парка к роспуску, - t_c , очень сильно колеблется.

И если совершенствование технологического процесса и получение оптимальных значений для элементов t_n , t_p , $t_{\text{ос}}$, $\sum t'_{\text{пост}}$, $t_{\text{горл}}$ в основном, зависят от дежурного аппарата, то на элемент t_c действуют и внешние факторы : отсутствие готовых поездных локомотивов, пропуск пассажирских и транзитных

грузовых поездов, непредвиденное увеличение вагонопотока на одно или на несколько назначений. Как раз эти внешние факторы и увеличивают в первую очередь интервал t_0 , увеличивает, следовательно $t_{\text{нит}}$ и T_p . Эти факторы и являются той текущей информацией, которая необходима диспетчеру при реализации плана

Таким образом, решая задачу устранения внутростанционных причин, которые могут нарушить требуемый прилегающими участками ритм работы станции, нарушить беспрепятственный приём поездов парком прибытия, необходимо обеспечить непрерывность работы сортировочной горки, при которой бы

$$T_p^p \leq T_p^r.$$

(6)

В последующих главах решается задача по заблаговременному получению текущей информации о факторах, которые могут увеличить $t_{\text{нит}}$ и нарушить непрерывность работы горки. Эта информация должна помочь станционному диспетчеру выполнить рекомендации оптимального плана работы станции.

В третьей главе показывается необходимость и возможность применения системы СПУ при решении задачи прогнозирования ситуации станции.

Метод сетевого планирования и управления уже находит применение на ряде сортировочных станций сети (Минская, Свердловск-сортировочный, Пермь-сортировочная, Челябинск, Москва - сортировочная Рязанская, Перово, Люблино, Лихая и др.).

Применяемые в настоящее время на станции методы СПУ используются только для выявления работ, лежащих на критическом пути, и оптимизации технологического процесса.

Вместе с тем они не решают такой важной задачи, как выявление возможных затруднений в реализации разработанного плана. Для решения этого вопроса сетевой график должен отражать ход выполнения технологического процесса в течение расчетного периода.

Сложность применения его в качестве системы управления заключается в том, что он должен решать одновременно несколько задач.

На сортировочной станции постоянно находится несколько тысяч вагонов, несколько десятков поездов. Составлять сетевой график на каждый вагон или даже поезд невозможно.

Исходя из этого, построен сетевой график (рис. № 1), охватывающий все операции с вагонами в парках прибытия, сортировки и отправления, на горках и вытяжках.

Такой сетевой график поможет найти "узкие" места в работе станции, принять правильные решения по оптимизации технологического процесса и позволит установить контроль за ходом работы всех парков станции.

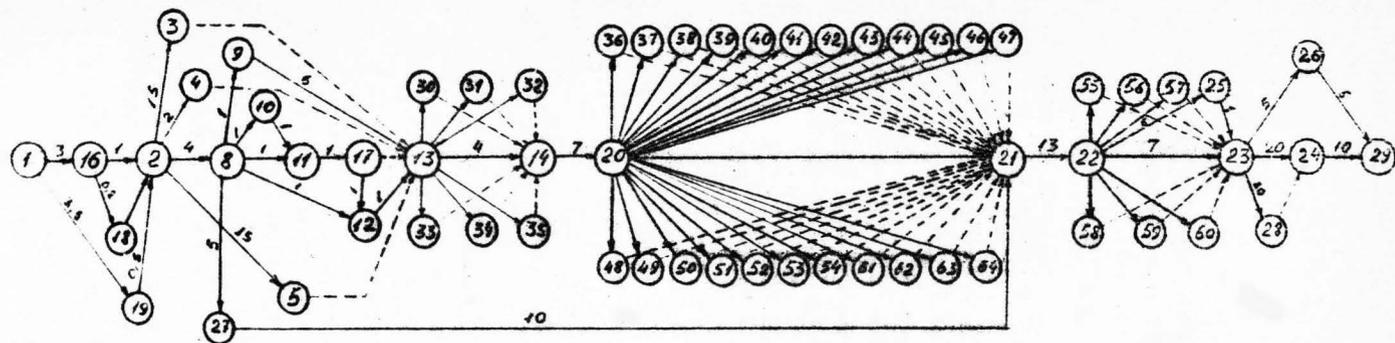


Рис. № I

- | | | |
|--|---|---|
| 1-16 - вход поезда в п.п. | .9-13 - разъединение и подвешивание рукавов. | 26-29 - передача поездных документов машинисту. |
| 16-2 - вход поезда в п.п. | 11-17 - корректировка с.л. дежурным по горке. | 24-29 - прицепка локомотива, проба автотормозов и отправление. |
| 1-19 - списывание состава. | 17-12 - передача корректировки в башмачную. | 13-14, 13-30, 13-31, 13-32, 13-33, 13-34, 13-35 - надвиг с 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 путей соответственно. |
| 16-18 - сбрасывание документов в бункер. | 12-13 - дача заданий башмачникам. | 20-21, 20-36, 20-37, 20-38, 20-39, 20-40, 20-41, 20-42, 20-43, 20-44, 20-45, 20-46, 20-47, 20-48, 20-49, 20-50, 20-51, 20-52, 20-53, 20-54, 20-61, 20-62, 20-63, 20-64 - накопление вагонов на путях сортировочного парка: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24. |
| 18-2 - пересылка документов в т.к. | 27-21 - подборка документов на формируемый поезд. | 22-23, 22-55, 22-56, 22-57, 22-58, 22-59, 22-60 - выставка составов на пути парка сортировки: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. |
| 19-2 - передача натурки в т.к. | 13-14 - надвиг. | |
| 2-3 - технический осмотр. | 14-20 - роспуск. | |
| 2-4 - отцепка локомотива. | 20-21 - накопление. | |
| 2-8 - корректировка с.л. техконторой. | 21-22 - формирование. | |
| 2-5 - коммерческий осмотр. | 22-25 - списывание состава. | |
| 8-9 - передача с.л. ОБ. | 22-23 - выставка состава в п.о. | |
| 8-10 - передача с.л. ДСЦ. | 25-23 - передача натурки в и.ц. | |
| 8-11 - передача с.л. на горку. | 23-26 - проверка поездных документов. | |
| 8-12 - передача с.л. в башмачную. | 23-24 - технический осмотр. | |
| 8-27 - пересылка грузовых документов в ДЦ. | 23-28 - коммерческий осмотр. | |
| 10-11 - получение указаний от ДСЦ. | | |

Сетевой график сортировочной станции, все работы которого оценены временем, для прогнозирования ситуации парков должен иметь наряду с критерием "время" еще и критерии, характеризующие оптимальный режим работы станции и прилегающих к ней участков.

За такие критерии в работе рекомендованы : а) непрерывность работы сортировочной горки и б) непрерывность отправления поездов со станции. Указанные критерии в значительной степени определяют беспрепятственный приём поездов станцией. Нарушение непрерывности работы сортировочной горки чаще всего вызывается невыполнением неравенства

$$\begin{aligned} (a_i + a_0) &\leq l_a & (7) \\ (b_i + b_0) &\leq l_b \end{aligned}$$

где a_i, b_i - количество вагонов в составе, стоящем на i -том пути парка прибытия, следующих на назначения a, b, \dots

a_0, b_0 - количество вагонов, находящихся на путях сортировочного парка, специализированных для назначений a, b, \dots

l_a, l_b - вместимость сортировочных путей, специализированных для назначений a, b, \dots в вагонах.

При выполнении этих неравенств отпуск очередного состава производится беспрепятственно. При нарушении хотя бы одного из этих неравенств непрерывность работы горки нарушится. Невыполнение указанных неравенств может быть следствием :

- а) непредвиденного увеличения вагонопотока на одно или несколько назначений;
- б) сбоя при формировании;
- в) сбоя при отправлении.

Так как указанный критерий выражается числом перерывов в работе горки, то при просчете сетевого графика работы станции выбирается вариант, который обеспечивает экстремальное значение этого показателя - наименьшее количество перерывов.

Для того, чтобы заранее знать о возможных перерывах в работе сортировочной горки, сетевой график должен периодически просчитываться не по выполненной, а по предстоящей работе.

При определении очередности роспуска выбирается состав, первоочередное расформирование которого обеспечивает минимальный простой вагонов на станции.

Количество возможных вариантов выбора очередности роспуска определяется правилами комбинаторики :

$$P_{\Pi} = \Pi (\Pi - 1) \dots 2 \cdot 1, \text{ где} \quad (8)$$

P_{Π} - количество возможных перестановок;

Π - количество элементов.

В анализируемсм в работе примере

$$\begin{aligned} P_{\Pi} &= 10P_{\Pi 1} + 25P_{\Pi 2} + 10P_{\Pi 3} + 4P_{\Pi 4} + 1 \cdot P_{\Pi 5} = \\ &= 10 \cdot (\Pi_1 - 1) \dots 2 \cdot 1 + 25 \Pi_2 (\Pi_2 - 1) \dots 2 \cdot 1 + \\ &+ 10 \Pi_3 (\Pi_3 - 1) \dots 2 \cdot 1 + 4 \Pi_4 (\Pi_4 - 1) \dots 2 \cdot 1 + \\ &+ 1 \Pi_5 (\Pi_5 - 1) \dots 2 \cdot 1, \text{ где} \end{aligned}$$

$10P_{\Pi 1}$ - количество перестановок при $\Pi_1 = 5$;

$25P_{\Pi 2}$ - количество перестановок при $\Pi_2 = 4$;

$10P_{\Pi 3}$ - количество перестановок при $\Pi_3 = 3$;

$4P_{\Pi 4}$ - количество перестановок при $\Pi_4 = 2$;

$1 \cdot P_{\Pi 5}$ - количество перестановок при $\Pi_5 = 1$.

Подставив значения Π , получим :

$$P_{\Pi} = 1869 \text{ перестановок (вариантов роспуска),}$$

Затем для каждого варианта плана вычисляется простой вагонов по формуле

$$t_{\text{пр}} = \frac{2B}{\Pi_{\text{пр}} + \Pi_{\text{от}}}, \text{ где} \quad (9)$$

- $t_{\text{пр}}$ - простой вагонов на станции;
 B - вагоночасы простоя;
 $\Pi_{\text{пр}}$ - количество прибывших вагонов;
 $\Pi_{\text{отпр}}$ количество отправленных вагонов.

Из полученных результатов выбирается минимальный из всех 1869 возможных вариантов.

Несмотря на быстродействие ЭЦВМ, перебор стольких вариантов занимает длительное время, что в условиях оперативного планирования совершенно неприемлемо.

Поэтому к решению этой задачи предлагается подойти следующим способом.

Из формулы (9) видно, что величина простоя вагонов на станции $t_{\text{пр}}$ обратно пропорциональна прибывшим и отправленным вагонам ($\Pi_{\text{пр}} + \Pi_{\text{от}}$).

Если максимальный приём вагонов станцией $\Pi_{\text{пр max}}$ обеспечивается непрерывностью работы сортировочной горки, то максимальная величина $\Pi_{\text{от max}}$ достигается при отправлении поездов на все возможные нитки графика. Таким образом, для получения минимального простоя вагонов на станции необходимо получить $\Pi_{\text{от max}}$.

Причинами срыва отправок поездов со станции могут быть :

- 1/ Неготовность поездного локомотива.
- 2/ Неготовность состава.

Первая причина устраняется вводом в парк дополнительного локомотива.

Неготовность же состава к отправлению можно устранить своевременным изменением плана работы. Для этого рекомендуется при прогнозировании потери нитки отправления из-за неготовности состава "вернуться" машине в парк прибытия и "проиграть" последовательно все возможные варианты очередности роспуска составов, отвечающих одновременно двум условиям :

- а) технической и коммерческой готовности к роспуску;
- б) непрерывности работы горки.

При получении плана прогноза, в котором отсутствует потеря нитки отправления, следует остановиться на этом варианте.

Указанный вариант и будет удовлетворять как условию непрерывности работы горки, так и получению минимального простоя вагонов на станции.

Для получения его потребуется для того же примера произвести R_p решений.

$$R_p = 50 R'_{п_1} + 2 R'_{п_2}, \text{ где:}$$

$50 R'_{п_1}$ - число перестановок, отвечающих условиям непрерывности работы горки при $п_1 = 1$.

$2 R'_{п_2}$ - число перестановок, с помощью которых выясняется возможность обеспечения непрерывности отправления поездов со станции при $п_2 = 3$.

Следовательно,

$$R'_p = 50 \cdot 1 + 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 62 .$$

Из сравнения $\frac{R_p}{R'_p} = \frac{1869}{62} \approx 30$

видно, что рекомендуемый способ решения указанной задачи требует в 30 раз меньше времени для получения искомого оптимального плана - прогноза.

Особенностью сетевого графика работы сортировочной станции и отличием его от сетевых графиков, применяемых при управлении строительством какого-либо объекта, является и то, что он не может отражать постоянные изменения временных оценок работ. Эти оценки устанавливаются при оптимизации технологического процесса и практически получить информацию об их непрерывных изменениях невозможно. Критический путь такого сетевого графика определяется наибольшей суммарной продолжительностью последовательных работ с учетом возможных отклонений от технологического процесса (непрём поездов станцией, перерыв в работе горки, потеря нитки отправления в графике движения поездов и др.).

При просчете сетевого графика работы сортировочной станции эти отклонения определяются на основе непрерывного сопоставления количества вагонов, находящихся в парке прибытий, с числом вагонов в сортировочном парке. При этом осуществляется постоянная связь с работой 24-29 (отправление поезда) рис. № I.

Одновременно с этим выявляется возможность приёма поезда станцией, определяется момент окончания накопления составов в сортировочном парке, проверяется свободность путей в парке отправления для выставки сформированного поезда и, наконец, выясняется возможность отправления поезда со станции.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИТУАЦИИ СТАНЦИИ НА ПЛАНИРУЕМЫЙ ПЕРИОД

1. Определяется положение станции на начало планируемого периода (занятость путей станционных парков, наличие поездных локомотивов, время прибытия поездов и локомотивов на станцию).

2. Поезда, которые по данным предварительной информации должны прибыть в течение планируемого периода, наносятся на сетевой график (рис. I) в порядке их прибытия на станцию.

После проверки свободности пути приёма каждый прибывающий поезд проходит следующие операции :

- а) приём и списывание состава во время захода его на станцию (I-16, I6-2, I-19, I9-2);
- б) подготовку к роспуску (2-3, 2-4, 2-8, 2-5, 8-9, 8-10, 9-13, 10-11, 8-12, 12-13, 8-11, 11-17, 17-12);
- в) расформирование (13-14, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 14-20)
Перед выполнением этой операции проверяется возможность роспуска каждого состава ранее изложенным способом (7) и выбирается вариант, при котором будет достигнуто минимальное количество перерывов в работе горки и минимальный простой вагонов на станции;
- г) накопление вагонов на путях сортировочного парка (20-21, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 62, 63, 64);
- д) формирование (21-22). Перед выполнением этой операции проверяется "готовность" всех назначений к формированию;
- е) выставку состава в парк отправления (22-23, 22-25, 55, 56, 57, 25, 58, 59, 60). Перед выполнением этой операции проверяется свободность пути парка отправления;
- ж) обработку состава в парке отправления (23-24, 23-28, 23-26);
- з) отправление поезда (26-29, 24-29). Перед выполнением этой операции проверяется готовность поездного локомотива и наличие свободной нитки в графике движения.

После окончания обработки или отправления первого поезда в такой же последовательности моделируется обработка всех поездов, которые должны прибыть на станцию в расчетный период времени.

3. В процессе такой обработки составляется план работы станции по приёму, расформированию, формированию, выставке готовых составов и их отправлению.

Одновременно с составлением плана работы прогнозируются непрерывные изменения ситуации станционных парков и выявляются затруднения, которые могут появиться на станции во время реализации составленного плана (невозможность приема поезда на станцию, перерывы в работе горки из-за роспуску, невозможность выставки сформированных составов из-за отсутствия свободных путей в парке отправления, отсутствие готовых поездных локомотивов, ниток в графике движения поездов и неготовность состава к отправлению).

4. Просчет сетевого графика необходимо производить через такие интервалы, при которых можно было бы отметить начало и окончание каждой операции. Практически шаг просчета должен равняться 2-3 минутам.

5. Временные оценки работ, определенные после их оптимизации, при просчете сетевого графика условно принимаются за постоянные величины. Другой критерий сетевого графика - непрерывность процесса расформирования - выражается числом перерывов в работе горки. Величина перерыва определена методом статистической обработки и равна 3 минутам. При просчете сетевого графика появление таких перерывов учитывается путем добавления к текущему времени величины $3p$, где p - число перерывов.

При выборе вариантов расформирования производится оптимизация по max (число перерывов в работе горки) и min n (орывы отправления поездов по графику).

Подводя итог III главе, можно отметить, что построенный сетевой график работы сортировочной станции позволяет оптимизировать работы, лежащие на критическом пути, и построить в конечном итоге технологический процесс работы станции, отвечающий современным требованиям.

Далее, периодически просчитывая сетевой график, по данным постоянной и предварительной информации, заблаговременно определяются критические пути и выявляются те из них, которые сигнализируют о возможном сбое в работе станции.

Без периодического просчета заблаговременно выявить появление причин, нарушающих технологические зависимости между станционными парками и прилегающими к ним участками, невозможно.

Поэтому для решения этой задачи применена ЭЦВМ.

В четвертой главе рассмотрены два примера оптимизации технологических операций работы сортировочной станции с помощью сетевых графиков. На этих примерах иллюстрируется возможность применения сетевых графиков для решения поставленной задачи.

В первом примере оптимизировалась "обработка" поездов в парке прибытия, во втором - работа 2I-22 (формирование поездов).

Пятая глава посвящена прогнозированию ситуации станции с использованием ЭЦВМ для просчета сетевого графика.

Поскольку применение обычных ручных методов счета в этом случае связано с большой затратой времени, в настоящей главе диссертации изложены основные положения, необходимые для составления алгоритма и программы для ЭЦВМ "Урал-3".

Задача заключалась в заблаговременном выявлении причин, которые могут нарушить непрерывность работы сортировочной горки и бесперебойность отправления поездов со станции. Такими причинами могут быть: 1. невозможность расформирования того или иного поезда; 2. сбой при формировании; 3. недостаток поездных локомотивов; 4. недостаток пропускной способности прилегающего к парку отправления участка; 5. неготовность поезда к отправлению по графику.

Решение указанной задачи в работе осуществляется в процессе составления плана работы сортировочной станции на расчетный период:

- 1/ плана приёма поездов,
- 2/ плана расформирования,
- 3/ плана формирования,
- 4/ плана отправления,
- 5/ плана прибытия сформированных поездов на станциях назначения.

Информация, необходимая для периодического просчета на ЭЦВМ, состоит из постоянной и переменной частей ;

К постоянной информации относятся :

1. Характеристика всех путей станционных парков, их специализация и длина.
2. Технологические зависимости между основными звеньями сортировочной станции, временные оценки всех работ сетевого графика.
3. План формирования, вес и длина формируемых поездов.
4. Средний вес вагонов каждого назначения.
5. График отправления поездов.
6. Время хода формируемых поездов до станций назначения.

Постоянная информация заранее вводится в машину, для чего в памяти ЭЦВМ для неё предусматриваются специальные группы ячеек.

К переменной - относится информация о прибывающих поездах.

Указанная информация вводится в машину либо непосредственно с перфоленки, либо с помощью перфокарт.

ЭЦВМ, получив информацию о каждом прибывающем поезде, "выбирает" в своей памяти необходимую свободную ячейку, т.е. выбирает свободный путь парка прибытия, и заносит номер поезда и его разложение в эту ячейку. Если же такой свободной ячейки не окажется, то появится сигнал невозможности приёма на станцию этого поезда. Затем, после условного распуска состава, машина

"разносит" эти данные по соответствующим ячейкам памяти. Таким образом, в этих ячейках происходит "накопление" вагонов на все назначения.

При выполнении операции "выставка состава" машина предвзительно находит соответствующую путям парка отправления свободную ячейку в своей памяти. При отсутствии таких свободных ячеек работа "выставка..." прекращается, и машина сигнализирует о появлении критической работы.

После накопления необходимого количества вагонов на то или иное назначение (по весу или по количеству) машина формирует необходимый поезд, выставит его в парк отправления, обрабатает и отправит со станции.

Для выполнения операции "отправление поезда", кроме графика отправления поездов, машина обеспечивается данными о наличии на станции поездных локомотивов.

В процессе выполнения этих операций при определении возможности очередного роспуска используется методика, изложенная в III главе.

Для того, чтобы машина могла постоянно прогнозировать, а не останавливаться при появлении неравенства $(a_1' + a_0') > \xi a$, принимается условие, что в этом случае маневровый диспетчер во время реализации плана обязан принять необходимые меры к предотвращению этого сбоя. Для принятия таких мер машина отводит диспетчеру специальное время.

Период прогнозирования определяется временем поступления информации.

Так как в решаемой задаче задано, что информация поступает за 4 часа до прибытия поезда, поэтому и прогноз выдается на предстоящие 4 часа работы станции.

На основе сетевого графика - модели работы сортировочной станции (рис. I) и методики решения задачи прогнозирования, изложенной в III главе, была построена блок-схема программы для решения поставленной задачи на ЭЦВМ "Урал-3".

При составлении программы кроме того были использованы временные оценки работ графика, техническая характеристика станционных парков, горки и вытяжек, особенности технологического процесса работы станции, время хода поездов до грузовых станций участка, расписание отправления грузовых поездов на все направления, специализация путей сортировочного парка, весовые нормы и длины формируемых поездов и средние веса вагонов, формируемых станцией назначений.

Машинная программа составлена в вычислительном центре ДИИТа.

После ввода в ЭЦВМ данных переменной информации о положении станции на начало расчетного периода, разложении поездов, находящихся в парке прибытия, и сведений о поездах, которые придут на станцию в течение планируемого отрезка времени, указанная блок-схема программы позволяет машине выдавать оперативным руководителям станции решение в виде плана-прогноза, представленного на табл. I.

В этой таблице печатается план работы станции по приёму поездов (графы 2 и 4), расформированию (5), формированию и выставке составов (9 и 10), отправлению (15 и 17) и прибытию сформированных поездов на станцию назначения (16 и 18).

В графах № 3, 7, 11, 19, 20 и 21 прогнозируются возможные сбои в работе станции при реализации этого плана: неприём поездов станцией (графа № 3), сбой при расформировании состава (перерыв в работе горки) из-за наличия в нём большого количества

вагонов на одно или несколько назначений (7), задержка в выставке готовых составов из-за отсутствия свободных путей в парке отправления (II), ожидание отправления состава со станции из-за недостатка поездных локомотивов или отсутствия свободных ниток в графике движения поездов (I9 и 20), потери нитки из-за неготовности состава (2I).

Приложением к указанному плану машина выдаёт прогноз ситуации станции на каждый час расчетного периода. Прогноз ситуации выдается в следующем виде :

1. Положение парка прибытия.
2. Разложение составов, находящегося в парке
3. Положение сортировочного парка.
4. Наличие на станции поездных локомотивов.
5. Положение транзитных парков.
6. Положение парка отправления.

Заблаговременное получение такого плана-прогноза поможет маневровому диспетчеру, дежурному по горке и дежурному по станции своевременно принять необходимые меры по недопущению предвидимых сбоев и создать благоприятные условия для беспрепятственного приёма поездов сортировочной станцией.

В шестой главе произведено исследование рекомендуемой системы прогнозирования в производственных условиях.

В силу того, что прогнозирование изменений ситуации станции в течение расчетного периода и выявление отклонений от принятой технологии определяются в процессе составления плана, очень важно, чтобы указанный план полностью учитывал заданные в программе условия работы станции. Поэтому главная цель исследований в шестой главе состояла в доказательстве реальности выдаваемой ЭЦВМ модели плана, в том, что машинный план, во-первых, отвечает заданным условиям оптимальности, и, во-вторых, позволяет прогнозировать сбои, которые могут появиться на станции во время реализации рекомендованного плана.

Проверка и корректировка программы производилась на сортировочной станции.

Для этого 14 ноября 1967 года с 9 часов 20 минут до 13 часов 00 минут и 18 ноября 1967 года с 9 часов 00 минут до 20 часов 00 минут автором была сфотографирована работа станции по приёму и отправлению поездов, расформированию и формированию составов. На 9 часов 20 минут 14 ноября и на 9 часов 00 минут 18 ноября была зафиксирована подробная ситуация станции: наличие поездов в транзитном парке, парках прибытия и отправления, количество вагонов на сортировочных путях и наличие поездных локомотивов. На поезда, находившиеся в парке прибытия, взяты сортировочные листы.

Кроме того, была взята информация о всех поездах, которые должны были прибыть на станцию с 9 часов 20 минут до 13 часов 00 минут 14 ноября и с 9 часов 00 минут до 20 часов 00 минут 18 ноября. Указанная информация после обработки и кодирования была введена в ЭЦМ.

Решения, выданные машиной, по форме аналогичны решению, показанному на табл № 1.

Анализ полученных ЭЦМ планов-прогнозов и сравнение их с фактическим графиком исполненной работы в те же отрезки времени представлены сравнительной таблицей планов.

Из указанной таблицы видно, что рекомендованные машиной планы работы станции на рассматриваемые периоды верно отражают технические возможности всех звеньев станции и отвечают заданным условиям оптимальности. Она показывает, что выданный ЭЦМ план лучше плана, составленного и выполненного диспетчером, и, в отличие от него, прогнозирует ситуации на станции и предупреждает об осложнениях, которые могут появиться на станции во время реализации рекомендованного плана.

ВЫВОДЫ и ПРЕДЛОЖЕНИЯ
=====

В результате изучения практического опыта работы ряда сортировочных станций, исследования и дальнейшего развития теоретических основ оперативного планирования в диссертации даны рекомендации по совершенствованию планирования и прогнозированию возможных отклонений от технологического процесса, в течение расчетного отрезка времени.

При моделировании работы сортировочных станций использован метод сетевого планирования и управления (СПУ).

Для решения поставленной в диссертации задачи автором приняты следующие положения :

I. Одним из главных показателей, характеризующим работу сортировочной станции и прилегающих к ней участков, наиболее полно отражающим их взаимозависимость и уровень эксплуатационной работы всего направления, является обеспечение беспрепятственного приёма поездов станцией со всех прилегающих к ней направлений.

II. Беспрепятственный приём поездов предопределяется непрерывностью работы сортировочной горки и бесперебойным отпращиванием поездов со станции.

III. Нарушение непрерывности работы сортировочной горки вызывается, главным образом, невыполнением неравенства

$$(a_i + a_c) \leq l_a$$
$$(b_i + b_c) \leq l_b$$

Невыполнение указанных неравенств может быть следствием :

- а) непредвиденного увеличения вагонопотока на одно или несколько назначений;
- б) сбоя при формировании;
- в) сбоя при отпращивании .

IV. Нарушение бесперебойности отправления поездов со станции может быть результатом :

- а) неготовности состава к отправлению;**
- б) неготовности поездных локомотивов.**

У. Для прогнозирования возможных отклонений от технологического процесса работы станции при просчете сетового графика наряду с критерием "время" необходимо учитывать и критерии, отражающие ритм работы станции и прилегающих к ней участков (пункты III и IV).

Эти критерии выражаются числом перерывов в работе горки и количеством срывов отправления поездов. При выборе вариантов выбирается вариант с наименьшим количеством указанных перерывов и срывов.

UI. Для решения этой задачи составляется алгоритм и программа, отражающие указанные технологические зависимости, и расчет ведется на ЭЦВМ.

UII. Предлагаемая система прогнозирования выявляет следующие возможные отклонения от технологического процесса :

- а) неприём поезда станцией с указанием времени простоя состава на подходе;**
- б) прекращение расформирования состава из-за большого количества вагонов на одно или несколько назначений;**
- в) задержки в выставке сформированных составов из-за отсутствия свободных путей в парке отправления;**

- г) простой готовых поездов из-за недостатка поездных локомотивов или отсутствия свободных ниток в графике;
- д) потеря нитки отправления из-за неготовности состава.

Указанное прогнозирование должно производиться в процессе составления плана работы станции.

VIII. Период прогнозирования зависит от периода получения станцией информации о подходе поездов.

IX. Неточность предварительной информации о времени прибытия поездов на станцию соответственно понижает точность выдаваемого ЭЦВМ плана.

X. План ЭЦВМ, составленный на основе данных предварительной информации о прибытии поездов в течение расчетного периода, следует рассматривать как прогноз предстоящей работы. По этому плану-прогнозу точно определяется объем планируемой работы по расформированию, формированию и отпращиванию поездов и прогнозируются возможные отклонения от принятой технологии.

XI. При периоде получения информации $t_{\text{инф}} \leq 2$ часа планируемое поездным диспетчером прибытие практически не имеет отклонений от фактического прибытия.

Поэтому корректировку плана следует производить через каждые 2 часа работы. В этом случае план ЭЦВМ не только прогнозирует предстоящий объем работы и предупреждает о возможном появлении сбоев при реализации рекомендованного плана, но и становится руководящим документом при выполнении всех операций с прибывающими поездами.

Основное содержание диссертации опубликовано в
следующих статьях :

1. Н.Р.ЮЩЕНКО, К.В.КУЛАЕВ, Н.А.КРИВЕНКО. "Комплексная технология сортировочной станции". 1955 г. Москва, Транскондориздат.
2. К.В.КУЛАЕВ, "Сортировочному комплексу - четкий ритм". Журнал "Железнодорожный транспорт", № 7, 1967 г., № 656.212.5073.
3. К.В.КУЛАЕВ. "Сетевой график на сортировочных станциях". Журнал "Железнодорожный транспорт", № I, 1968 г., № 656.212.5073 65012.
4. *K. Kulajew, „Kybernetik bei Elektrifizierungsarbeiten“.*
„Signal und Schiene“, N9, 1965, Berlin.
5. К.В.КУЛАЕВ. "Применение системы сетевого планирования и управления при прогнозировании ситуации станции". Днепрпетровск, 1969 г. Труды ДИИТа, выпуск 90/6.
6. К.В.КУЛАЕВ. "Использование ЭЦВМ для прогнозирования положения станции". Днепрпетровск, 1969 г. Труды ДИИТа, выпуск 90/6.

Основные положения работы доложены на :

1. объединенной секции кафедр эксплуатации ж.д. и станций и узлы XXXII научно-технической конференции ХИИТа (21 октября 1969 г.),
2. научно-технической конференции института механики Академии Наук УССР, ДИИТа и ЛИИЖТа (25 октября 1969 г.),
3. объединенном семинаре кафедр станции и узлы, организация движения и экономика транспорта ДИИТа (октябрь, 1968г.).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ПЛАНОВ

Время проведения эксперимента	14 ноября - с 9 час.20 мин. до 14 часов 11 минут		18 ноября - с 9 часов 00 минут до 19 часов					
	План ЭЦВМ		Фактически		План ЭЦВМ		Фактически	
	с 9 ч.20 мин. до 12час.40 минут		с 9 ч.20 мин. до 12час.40 минут		с 9 ч.00 мин. до 19 час.26 мин.		с 9 час.00 мин. до 19 час.26 мин.	
Показатели								
Количество расформированных составов.	16		16		50		50	
Количество сформированных поездов	19		19		37		37	
В том числе по назначениям	:0027-1, 0009-2, 0014-1, 0025-1, 0013-1, 0029-9, 0002-1, 0008-1, 0015-1, 0007-1, 0011-1, 0003-1, 0019-1, 0005-1, 0012-1, 0010-1.		:0027-1, 0009-2, 0014-1, 0025-1, 0013-1, 0015-1, 0029-2, 0002-1, 0008-1, 0013-1, 0003-1, 0007-1, 0019-1, 0005-1, 0012-1, 0010-1.		:0007-4, 0009-4, 0003-2, 0029-4, 0010-2, 0025-3, 0014-1, 0027-1, 0010-2, 0025-3, 0014-1, 0027-1, 0011-2, 0021-1, 0008-2, 0015-1, 0011-2, 0021-1, 0008-2, 0015-1, 0012-3, 0002-5, 0013-1, 0005-1, 0012-3, 0002-5, 0013-1, 0005-1.		:0007-4, 0009-4, 0003-2, 0029-4, 0010-2, 0025-3, 0014-1, 0027-1, 0010-2, 0025-3, 0014-1, 0027-1, 0011-2, 0021-1, 0008-2, 0015-1, 0011-2, 0021-1, 0008-2, 0015-1, 0012-3, 0002-5, 0013-1, 0005-1.	
Количество отправленных поездов	25 5 тр. и 20 своего формиров.		25 5 тр. и 20 своего формиров.		52 16 тр. и 36 своего формиров.		52 16 тр. и 36 своего формирования	
В том числе по назначениям	:0008-2, 0015-1, 0019-1, 0021-1, 0002-3, 0027-1, 0029-3, 0007-1, 0014-1, 0010-1, 0003-2, 0013-1, 0009-1, 0011-1.		:0008-1, 0002-4, 0014-1, 0012-1, 0021-1, 0010-2, 0029-3, 0013-1, 0003-1, 0019-1, 0009-1, 0015-1, 0027-1, 0011-1.		:0013-2, 0010-2, 0003-3, 0025-2, 0029-3, 0011-1, 0014-1, 0005-1, 0021-2, 0004-1, 0002-5, 0027-1, 0008-2, 0007-3, 0009-3, 0005-2, 0012-2, 0008-2, 0007-4, 0009-4, 0010-2, 0003-2, 0025-4.		:0013-2, 0011-2, 0014-1, 0029-4, 0004-1, 0002-4, 0021-2, 0012-2, 0008-2, 0007-3, 0009-3, 0005-2, 0010-2, 0003-2, 0025-4.	
Средний вес отправленных поездов	3030 т.		2990 т.		3120 т.		2980 т.	
Средний простой составов в парке прибытия	53 мин.		52 мин.		55 мин.		56 мин.	
Средний простой составов в парке отправления	96 мин.		90 мин.		78 мин.		86 мин.	
Прогноз возможных сбояв	При приеме поездов в парк прибытия	3		11				
	При расформировании	8		25				
	При формировании	6		10				
	При от- : Из-за отсут- : прав: вия по- : лении ездного : локомо- : тива	3		-				
	При : В ожида- : нии сво- : бодной : нитки в : графике : движения	18		50				
	Потеря нитки в графике от- : правления из- : за неготовно- : сти состава	4		2				

Ответственный за выпуск Климовский Б.М.

Подписано к печати 28/XI-1969 г. БТ 00103, н.л. 1,2,
тираж 200 экз., Зак. № 530 . ДИИТ, р-принт,

Сканировала Камянская Н.А.