

ОСТ 32.165 - 2000

СТАНДАРТ ОТРАСЛИ

**ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ**

МПС России

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН Департаментом информатизации и связи Министерства путей сообщения Российской Федерации и Московским государственным университетом путей сообщения
- 2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Указанием МПС России от 29.10.01 № М 17854
- 3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения МПС России

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Графические модели в задачах выявления и анализа факторов, влияющих на технологические системы и процессы . .	2
3.1 Схемы причинно-следственных связей	2
3.2 Диаграммы видов нарушений технологического процесса . .	4
3.3 Деревья опасных событий	
3.4 Логические схемы и схемы состояний	8
3.5 Модели процессов возникновения отказов	11
3.6 Модели совпадения времени действия дестабилизирующих факторов	15
4 Графические модели технологических процессов	17
4.1 Ленточные графики	17
4.2 Линейные графики	19
4.3 Схемы алгоритмов	20
4.4. Сетевые и логико-сетевые модели	21
4.4.1 Графические обозначения элементов моделей технологических процессов	21
4.4.2 Сетевые графики	28
4.4.3 Логико-сетевые графы	29
4.4.4 Технологические цепи	32
4.4.5 Сети Петри	33
4.4.6 Оперограммы	34
4.5 Графики жизненного цикла	35

Введение

Для создания единой информационно-управляющей системы железнодорожного транспорта необходимо, чтобы специалисты всех подразделений МПС говорили на едином техническом языке, знали и понимали модели технологических процессов транспорта

Упорядочение графических моделей и расширение сферы их применения является первым и очень важным шагом к объединению усилий специалистов различного профиля при решении производственных задач транспорта

Графические модели являются наглядными, что облегчает понимание и анализ сложных явлений. С помощью графической модели легко упростить ход рассуждений, убедить оппонента, представить сразу все явление в целом. Поэтому графические модели интенсивно разрабатываются и постепенно становятся неотъемлемыми составляющими любого инженерного описания производственного процесса. Не будет преувеличением сказать, что графический язык – самый распространенный и наиболее понятный из инженерных языков.

СТАНДАРТ ОТРАСЛИ

ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Дата введения 2001-03-01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает наиболее употребительные графические модели технологических (транспортных) процессов (ТП) и систем (ТС) в задачах выявления и анализа факторов, влияющих на эти системы и процессы; в задачах оценки и обеспечения бездефектности продукции и своевременности её появления на выходе ТС, а также в задачах планирования и контроля за ходом реализации ТП

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 51167-98. Качество служебной информации. Графические модели технологических процессов переработки данных.

ГОСТ 19 701-90 ЕСПД Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

ГОСТ Р 51170-98 Качество служебной информации. Термины и определения.

3 Графические модели в задачах выявления и анализа факторов, влияющих на технологические системы и процессы

3.1 Схемы причинно-следственных связей

Схемы причинно-следственных связей применяют для начального изображения и систематизации связей между некоторым результатом (характеристикой) и влияющими на него факторами (причинами)

Характеристику изображают центральной стрелкой. Явления (факторы) прямо или косвенно влияющие на характеристику, изображают в виде стрелок, направленных острием к центральной стрелке. Расположение стрелок угла отклонения значения не имеют. Важна лишь подчиненность факторов. Желательно возможно более подробное деление факторов, чтобы схема имела вид ветвистого дерева. Для выявления факторов записывают мнения 8-10 экспертов и классифицируют их. Определяют главные факторы («отцы»), которые делят на все более конкретные («сыновья», «внуки» и т.д.). Деление выполняется до тех пор, пока не будет ясно, какие меры нужно применять для изменения исследуемой характеристики.

Пример схемы причинно-следственных связей приведен на рис. 3.1 (Рисунок 3.1 соответствует очень общей формулировке).

В специальной таблице, прилагаемой к схеме, записывают дополнительные сведения: уровень важности факторов, влияние фактора на характеристику и др. После анализа факторов составляют перечень мероприятий в отношении наиболее важных из них.

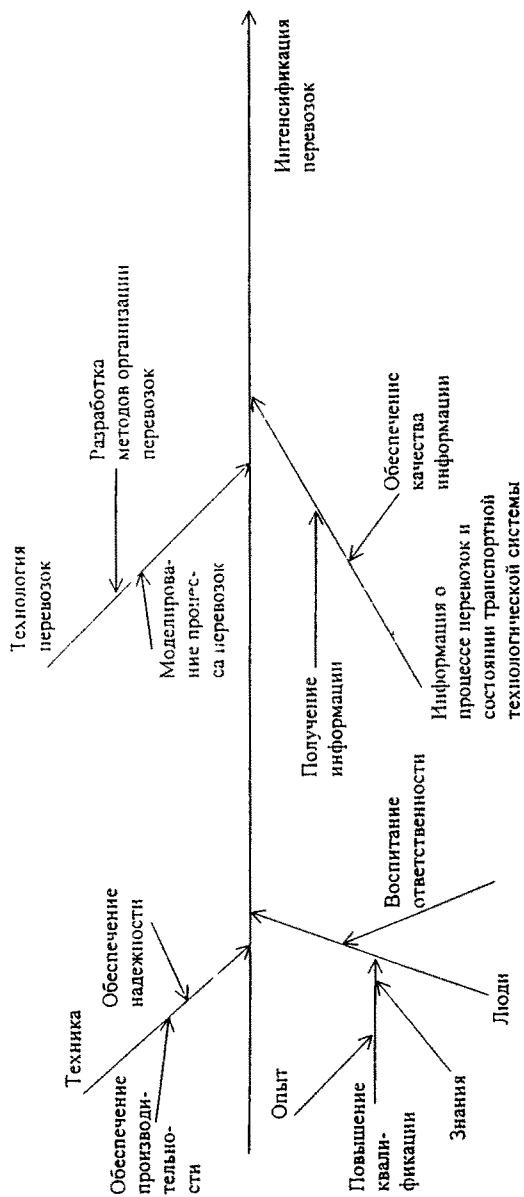


Рисунок 3.1 - Пример схемы причинно-следственных связей, систематизирующей основные факторы, влияющие на интенсификацию перевозок

3.2 Диаграммы видов нарушений технологического процесса

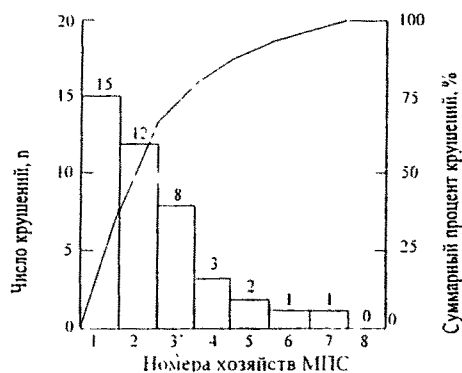
Диаграммы видов нарушений технологического процесса применяют для выявления наиболее важных задач путем сравнения нескольких факторов. Для этого строятся график по горизонтальной оси, которого указывают виды происшествий (нарушений), или предпосылок к ним (виды брака) или причины происшествий, или стадии технологического процесса, или службы, бригады хозяйства и т.п.

По вертикальной оси откладывают число (n) или долю (π) происшествий (предпосылок к происшествиям) и чертят столбиковую диаграмму. По вертикальной оси можно откладывать также материальные потери от происшествий или затраты времени на устранение их последствий.

На графике вычерчивают также кумулятивную кривую (точнее – ломаную), показывающую накопленный процент происшествий. Благодаря сочетанию столбиковой диаграммы и кумулятивной кривой наглядно видно, какие факторы являются основными в рассматриваемом явлении.

На рисунке видно, что по данным 1988 г. 83% крушений относится к трем хозяйствам МПС России – пути, вагонному, локомотивному. Очевидно, что необходимо в первую очередь именно в этих хозяйствах проводить исследования путей повышения безопасности, планировать мероприятия по ее обеспечению.

Пример диаграммы нарушений приведен на рис. 3.2.



Обозначения 1 - хозяйство пути, 2 - вагонное, 3 - локомотивное;
 4 - ЦТВ¹; 5 - контейнерных перевозок и коммерческой работы;
 6 - перевозок; 7 - сигнализации и связи; 8 - пассажирское.

Рисунок 3.2 - Диаграмма крушений, относящихся к различным хозяйствам МПС России за первую половину 1988 г.
 (По данным газеты «Гудок» № 176 от 01.8.89 г.)

3.3 Деревья опасных событий

Деревья опасных событий применяют в задачах обеспечения безопасности для определения причинных взаимосвязей между исходными событиями, относящимися к технике, персоналу и окружающей среде и приводящими к появлению опасных ситуаций.

В верхней части дерева опасных событий имеется главное (результатирующее, завершающее) опасное событие. Условия, при которых возникает это событие, сводят в логическую схему, которую изображают в виде ориенти-

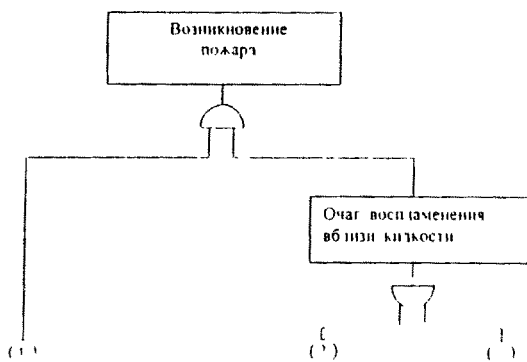
Таблица 3.2 - Символы событий

Символ события	Содержание события
 Круг	Исходное событие, обеспеченное достаточными данными
 Трапеция	Событие, информация о котором недостаточна
 Прямоугольник	Событие, вводимое логическим элементом
 Овал	Условное событие, используемое с логическим знаком «Запрет»
 Домик	Событие, которое может случиться или не случиться
 Треугольник	Символ перехода

Появление (или непоявление) главного опасного события является единственно возможным событием. Поэтому каждому дереву опасных событий соответствует дерево успехов (т.е. отсутствия опасных событий). Для получения дерева успехов из дерева опасных событий необходимо:

- а) заменить все логические знаки ИЛИ логическими знаками И и наоборот;
- б) все события заменить соответствующими двойственными (дополнительными) событиями.

В деревьях опасных событий учитываются не все возможные первичные события, а лишь наиболее значимые.



Обозначения

1 - утечка горючей жидкости 2 - наличие искры 3 - курящий рабочий

Рисунок 3.3 Пример дерева опасных событий

3.4 Логические схемы и схемы состояний

Логические схемы и схемы состояний применяют для наглядного представления логической структуры технического объекта или системы при расчетах надежности (безотказности)

Для невозстанавливаемых систем графическими изображениями математических моделей для расчета надежности являются как логические схемы, так и схемы (графы) состояний

На логических схемах элементы изображают прямоугольниками. Применяют три типа соединения элементов

- последовательное («основное») соединение соответствует случаю, когда при отказе любого элемента отказывает вся система,

- параллельное нагруженное соединение соответствует случаю, когда система сохраняет работоспособность до тех пор, пока работоспособен хотя бы один из элементов включенных в работу;
- параллельное ненагруженное соединение соответствует случаю, когда при отказе элемента включается в работу очередной резервный элемент и таким путем система сохраняет работоспособность

Обозначения типовых соединений элементов на логических схемах для расчета надежности приведены в табл 3 3

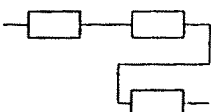
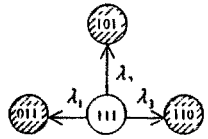
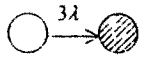
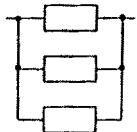
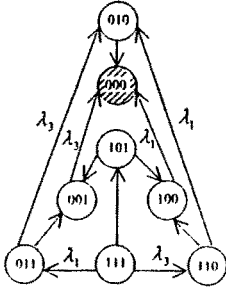
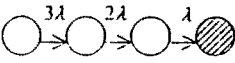
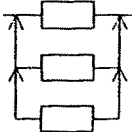
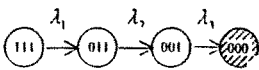
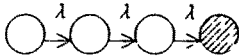
На схемах состояний кружки соответствуют состояниям системы, стрелки характеризуют направления переходов из одного состояния в другое. Интенсивности переходов надписывают над стрелками

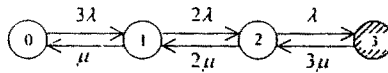
В табл 3 3 номера состояний обозначены кодом, в котором число знаков равно числу элементов, место знака соответствует номеру элемента, 1 обозначает работоспособное, 0 - неработоспособное состояние элемента. Неработоспособные состояния обозначены штриховкой

Для восстанавливаемых систем графическая модель обычно представляет собой схему состояний, на которой между большинством состояний имеется по две стрелки, соответствующие отказам и восстановлению элементов. Интенсивности отказов λ , и интенсивности восстановления μ надписываются над (под) стрелками

Пример схемы состояний восстанавливаемой системы приведен на рис 3 4

Таблица 3 3 - Типовые структуры схемы состояния, соответствующие типовым соединениям на логической схеме для расчета надежности

Тип соединения на логической схеме для расчета надежности	Схемы состояний	
	при элементах различной надежности	при равнонадежных элементах
 Последовательное		
 Параллельное нагруженное		
 Параллельное ненагруженное		



Состояния системы. 0 – все элементы работоспособны; 1 – один элемент неработоспособен; 2 – два элемента неработоспособны; 3 – три элемента неработоспособны (система неработоспособна)

Рисунок 3.4 - Схема состояний системы с нагруженным резервированием при неограниченном восстановлении (элементы равнонадежны)

3.5 Графические модели процессов возникновения отказов

Графические модели процессов возникновения отказов применяют для наглядного представления процессов развития отказов и восстановлений работоспособности технических объектов (ТО), технологических систем (ТС).

На рис. 3.5 изображён график изменения показателя $W(t)$ качества функционирования ТО, ТС (например, производительности, размера движения и т.д.) с течением времени эксплуатации t .

При появлении отказов и изменении свойств отдельных элементов значение $W(t)$ изменяется (на рис.3.5 – уменьшается). Отказу ТО, ТС (отмечен крестиком) соответствует момент времени выхода значений величины $W(t)$ за границу допуска W_{cr} , восстановлению работоспособности (отмечено кружком) – переход $W(t)$ в обратном направлении.

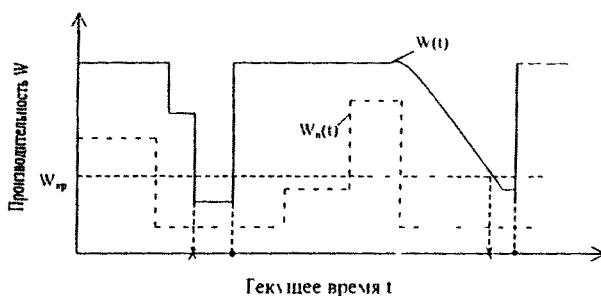


Рисунок 3 5 - Возможные изменения значений показателя качества функционирования технического объекта, технологической системы

График $W(t)$ на рис 3 5 характеризует изменение распадаемых (т.е. предельно возможных) значений показателя качества функционирования (производительности и др.), а не потребных в данный момент времени. На рис 3 5 штрих-пунктиром показаны возможные изменения потребных значений $W_n(t)$, при которых не идет речь об отказе ГО, ТС.

В моделях оценки «параметрической» надежности ТО (при «постепенных» отказах ТО и их элементов из-за изнашивания, старения, перегревания) рассматривают полуслучайные процессы изменения определяющего параметра $\eta(t)$. При достижении реализациями $\eta(t)$ границы рабочей области $\omega(t)$ ТО считается неработоспособным – происходит его отказ. Точки пересечения реализациями $\eta(t)$ границ рабочей области определяют возможные значения случайной величины T – времени до появления параметрического отказа. Характеристики случайной величины T используют в качестве показателей «параметрической» надежности.

На рис. 3.6 приведен пример графической модели возникновения «параметрического» отказа при одной границе допуска $\omega = const$, неслучайном

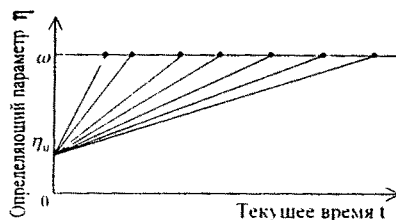


Рисунок 3.6 - Возможные реализации полуслучайного процесса разрегулирования

начальном значении η , и постоянных скоростях изменения определяющего параметра. В моделях «параметрической» надежности необходимо четко выделять два этапа развития отказов, различающиеся масштабом времени:

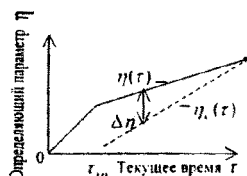
а) в результате сравнительно медленных нестационарных процессов изнашивания, старения, разрегулирования создаются предпосылки для появления отказов, аварийных ситуаций (масштаб времени – многие часы работы, годы);

б) быстрые процессы развития отказов, аварийных ситуаций, происходящие в течение долей секунды, секунд.

В моделях развития отказов ТС, учитывающих деятельность человека-оператора, сопоставляют реализации процессов $\eta(t)$ аварийного изменения определяющего параметра ТО после возникновения отказа и процесса компенсации $\eta_d(t)$ оператором этих изменений.

На рис. 3.7 изображена простейшая модель компенсации последствий отказа ТО человеком-оператором. Скорости аварийного изменения значения

определяющего параметра ТО и компенсации оператором этих изменений постоянны и являются возможными значениями случайных величин. При появлении в момент времени $t = 0$ отказа ТО начинают изменяться значения его



Обозначения:

$\eta(t)$ - возможная реализация процесса изменения определяющего параметра;

$\eta_k(t)$ - компенсация оператором последствий отказа;

$\Delta\eta = \eta(t) - \eta_k(t)$;

$t_{ин}$ - возможное значение времени обнаружения наличия отказа.

Рис. 3.7- Модель компенсации человеком-оператором последствий отказа

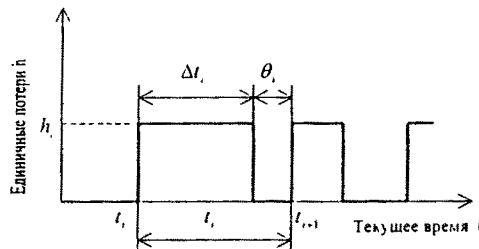
определяющего параметра $\eta(t)$. При $t = t_{ин}$ эти изменения обнаруживаются оператором, и он принимает меры по уменьшению скорости изменения $\eta(t)$. пытается компенсировать эти изменения, вводя противоположные $\eta(t)$ отклонения $\eta_k(t)$ (на рис.3.7 показаны штриховой линией). Отказ ТО не произойдет, если переходный процесс $\Delta\eta(t) = \eta(t) - \eta_k(t - t_{ин})$ не выйдет из области допустимых значений.

3.6 Модели совпадения времени действия дестабилизирующих факторов

В моделях типа деревьев опасных событий (п.3.3) отсутствует в явном виде синхронизация рассматриваемых дестабилизирующих факторов по времени их появления и продолжительности действия. Это является существенным недостатком таких моделей, так как большинство опасных ситуаций возникает при совпадении времени действия дестабилизирующих факторов: отказы техники, ошибки людей, внешние воздействия.

Процессы появления и действия каждого из дестабилизирующих факторов можно представить в виде стационарных случайных потоков взаимно перекрывающихся по времени прямоугольных импульсов.

На рис.3.8 показана реализация случайного потока прямоугольных импульсов. Начало i -го импульса соответствует моменту t_i появления i -го фактора, длительность i -го импульса – продолжительности Δt_i действия этого фактора. Амплитуда i -го импульса h_i может соответствовать единичным потерям из-за появления i -го фактора.



Обозначения возможных значений случайных величин: $t_i, \Delta t_i$ – момента появления и длительности i -го фактора; t_i – интервала времени между моментами t_i и t_{i+1} появления факторов; θ_i – длительности паузы между i -м и $i+1$ -м импульсами; h_i – амплитуды i -го импульса.

Рисунок 3.8 - Возможные реализации случайного потока прямоугольных импульсов

В прикладных задачах обычно рассматривают независимые и одинаково распределенные случайные величины Θ - длительность паузы между импульсами, ΔT - длительность импульса, $T = \Delta T + \Theta$ - интервал времени между смежными моментами появления фактора. Обычно полагают, что случайные величины Θ и ΔT имеют показательные (экспоненциальные) распределения.

При стационарном потоке взаимно неперекрывающихся импульсов вероятность P того, что произвольно взятый момент времени окажется на интервале действия фактора (т.е. в пределах импульса на рис. 3.8) равна

$$P = \frac{\text{Среднее значение длительности импульса } (\overline{\Delta T})}{\text{Среднее значение интервала времени между смежными моментами появления фактора } (\overline{T})}$$

Различают два вида моделей совпадения времени действия дестабилизирующих факторов

- 1 - с аварийными случайными последствиями,
- 2 - со случайными потерями

Эти модели рассмотрены на примере совпадения двух дестабилизирующих факторов. Процесс возникновения аварийных последствий иллюстрирует рис. 3.9, где изображены возможные реализации двух стационарных случайных потоков П1 и П2.

Если длительности действия факторов различных потоков перекрываются (т.е. импульсы совпадают), то образуется поток импульсов совпадения, соответствующий потоку аварийных последствий. Поскольку всякое проявление аварийного последствия считается недопустимым, амплитуды импульсов можно считать равными единице.

Модели функционирования систем со случайными потерями аналогичны моделям систем с аварийными случайными последствиями, но отличаются от

последних тем, что потери пропорциональны продолжительности совпадения интервалов действия дестабилизирующих факторов.

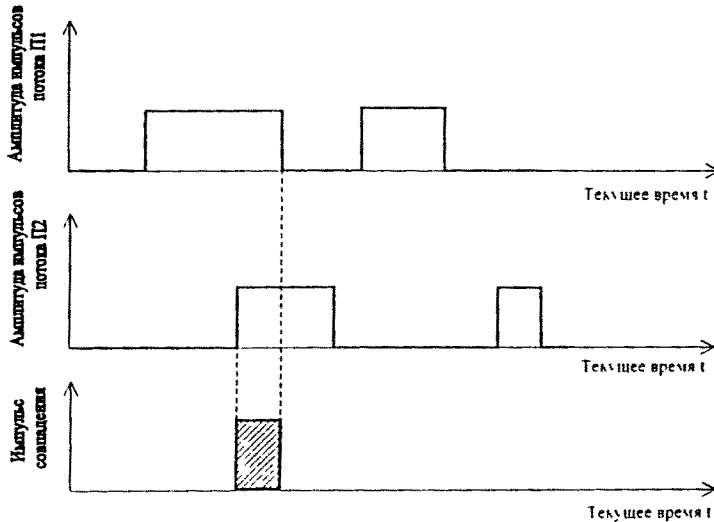


Рисунок 3 9 - Возникновение импульса совпадения в результате перекрытия импульсов двух случайных потоков П1 и П2

4 Графические модели технологических процессов

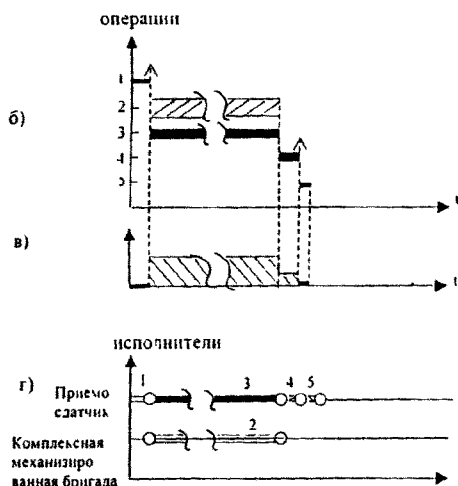
4.1 Ленточные графики

Ленточные графики применяют для планирования и контроля за ходом выполнения любых систем работ. На рис 4 1 изображены примеры различных вариантов построения ленточных графиков и диаграмм напряженности работ.

По одной оси указывают текущее время t , по другой - работы, исполнителей работ или подразделения (службы), по которым выполняются эти работы

н. Отрезки (ленты), параллельные оси времени, определяют последовательность и сроки выполнения работ. Стрелки перпендикулярные лентам соответствуют окончанию определенных этапов технологических процессов

Операции	Продолжительность операций, мин	Исполнители
1 Проверка накладной		Приемо-сдатчик
2 Погрузка груза на автомобиль		Комплексная механизированная бригада
а) 3 Проверка выдаваемого груза и остатков		Приемо-сдатчик
4 Оформление накладной		Приемо-сдатчик
5 Отметка в книге выдачи грузов		Приемо-сдатчик
Общее время		—



Цифры на графиках (б и г) соответствуют номерам операций графика (а). Стрелками обозначены моменты окончания проверки и оформления накладной

Рисунок 4 1- Примеры лентачных графиков выдачи грузов со склада станции без учета (а,г) и с учетом (б) трудозатрат на выполнение работ и соответствующая им диаграмма напряженности работ (в)

Работы могут изображаться как без учета, так и с учетом трудозатрат на их выполнение. В последнем случае площадь ленты пропорциональна трудозатратам на выполнение работы; ширина h_i ленты i соответствует напряженности i -ой работы. Лента, ширина которой равна сумме значений h_i всех лент, представляет собой диаграмму напряженности работ – ступенчатый график, характеризующий равномерность выполнения технологического процесса. Наличие на диаграмме участков, значительно превышающих средний для данной диаграммы уровень, свидетельствует о неудачном планировании технологического процесса.

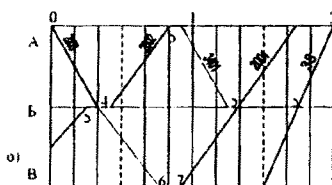
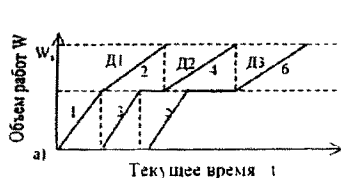
4.2 Линейные графики

Линейные графики применяют для планирования и контроля за ходом выполнения технологических процессов. На железнодорожном транспорте линейные графики наиболее часто применяются в виде графиков движения поездов. Они могут быть использованы также для наглядного изображения планов и хода выполнения любых систем работ. Процесс выполнения каждой работы (движения поезда) изображают отрезком прямой на графике, по вертикальной оси которого отложен объем работы (расстояние) W , по горизонтальной оси – время t . Система работ изображается набором отрезков:

система последовательно выполняемых работ – ломаной линией, (при этом горизонтальные отрезки соответствуют интервалам времени, затрачиваемым на ожидание начала выполнения очередной работы, или стоянку поезда на раздельном пункте);

система параллельно выполняемых работ – набором отрезков, выходящих из одной точки.

На рис.4 2, а,б изображены примеры линейных графиков различных систем работ.



Обозначения а) 1, 3, 5 – печать документов Д1 Д2 Д3, 2, 4, 6 – визуальный контроль этих документов, W_1 – заданный объем работ,

б) А, Б, В – раздельные пункты, наклонные прямые – линии хода поездов, цифры над линиями хода – номера поездов, цифры над и под осями раздельных пунктов служат для определения времени прибытия и отправления поездов

Рисунок 4 2 - Линейные графики, соответствующие процессу выполнения системы из двух последовательных работ (а), фрагменту графика движения поездов (б)

4.3 Схемы алгоритмов

Схемы алгоритмов применяют для наглядного изображения математической модели технологического (транспортного) процесса, в том числе процесса вычислений

Условные обозначения и правила выполнения по ГОСТ САПР¹¹ 701

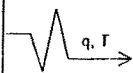
Схемы могут быть представлены графами сетей Петри по разделу 4 4 5

4.4 Сетевые и логико-сетевые модели

4.4.1 Графические обозначения элементов моделей технологических процессов

Наименование, обозначение, определение обязательных символов основных технологических операций и содержание буквенных обозначений должны соответствовать таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Основные элементы технологических процессов

Наименование	Обозначение	Определение	Содержание буквенных обозначений
1 Событие		Событие, соответствующее началу или окончанию работы (технологической операции)	j - текущий номер события; Q_j - вероятность наличия дефекта в продукции единичного объема, соответствующей j -му событию
2 Обработка		Технологическая операция, в результате которой изменяет своё значение хотя бы один из показателей, характеризующих состояние продукции. Объём продукции при этом не изменяется. К обработке относят всякие действия над продукцией, в том числе её транспортировку	q - вероятность возникновения дефекта в единичном объеме продукции; T - время выполнения операции
3 Контроль		Технологическая операция, состоящая в сравнении результатов работы с заданными характеристиками	α - вероятность ошибки 1-го рода при контроле; β - вероятность ошибки 2-го рода при контроле; k - число циклов контроля; T - по п.2 таблицы
4 Сборка		Технологическая операция, в результате которой из нескольких деталей (изделий, полуфабрикатов) появляется сборочный узел	T - по п.2 таблицы q - по п.2 таблицы

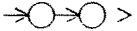
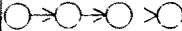
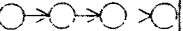
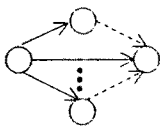
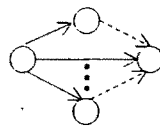
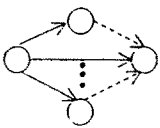
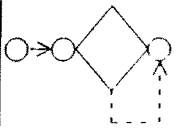
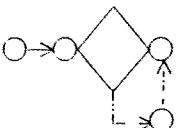
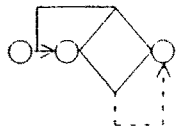
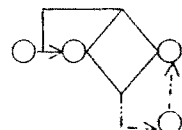
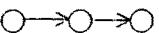
Окончание таблицы 4 1

Наименование	Обозначение	Определение	Содержание буквенных обозначений
5 Исправление дефектов	q, T ----->	Технологическая операция по устранению выявленных дефектов	q _n - вероятность появления дефектов в единичном объеме продукции при их устранении, T - по п 2 таблицы
6 Информирование	T ----->	Технологическая операция сообщения результата контроля	T - по п 2 таблицы
7 Фиктивная работа	----->	Связь между событиями, не требующая затрат времени, но указывающая на невозможность начала некоторой операции до наступления определенных событий	-
Примечания 1 В различных задачах допустимо использовать лишь часть буквенных обозначений 2 Когда учитывается случайное время выполнения работ, вместо буквенного обозначения T указываются параметры соответствующего распределения 3 В прикладных задачах буквенные обозначения сопровождаются порядковыми числовыми индексами			

Для облегчения анализа технологических процессов в задачах оценки и обеспечения бездефектности и своевременности выполнения технологических процессов, планирования и контроля хода технологического процесса допустимо применение возможных вариантов типовых технологических схем (ТТС) – структурных модулей технологических процессов - совокупности операций отличающихся организацией их выполнения

Наименование, обозначение типовых технологических схем в задачах оценки и обеспечения бездефектности и своевременности выполнения технологических процессов должны соответствовать указанным в таблице 4 2

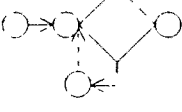
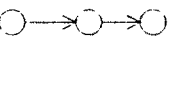
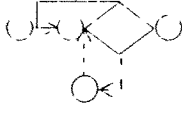
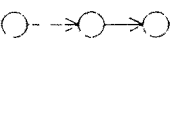
Таблица 4.2 Типовые технологические схемы

Наименование	Обозначения в задачах оценки и обеспечения			Примечание
	Бездефектности	своевременности		
		с учетом дефектов	без учета дефектов	
1	2	3	4	5
Последовательное выполнение операций				—
Параллельное выполнение операций				Выполнение нескольких операций обработки до получения результатов m из n операций ($1 \leq m \leq n$)
Обработка и однократный контроль с исправлением дефектов				Дефекты устраняют и продукцию (полуфабрикат) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю.
а) Контроль комплексный				Дает возможность обнаружить дефекты, внесенные на всех предшествующих контролю технологических операциях.
б) Контроль локальный				Дает возможность обнаружить дефекты, внесенные на операции (группе операций), непосредственно предшествующей контролю.

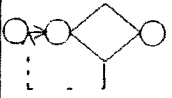
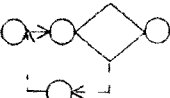
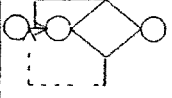
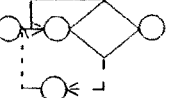
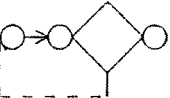
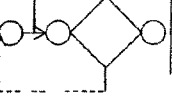
Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5
Многократный контроль всего объема продукции с устранением дефектов				После обработки выполняют контроль всего объема продукции многократно до появления условий его окончания, затем продукцию (полуфабрикат) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю
Контроль комплексный				По перечислению а) таблицы
Контроль локальный				По перечислению б) таблицы
Многократный контроль всего объема продукции с повторной обработкой и устранением дефектов				Все операции выполняют многократно до появления условий окончания контроля, затем продукцию (полуфабрикат) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю
Контроль комплексный				По перечислению а) таблицы
Контроль локальный				По перечислению б) таблицы

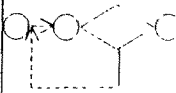
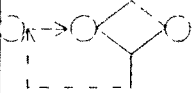
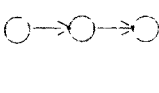
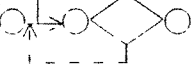
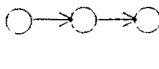
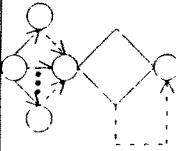
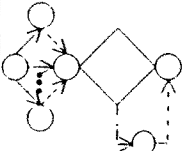
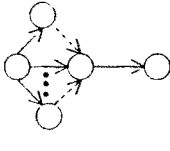
Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5
Многократный контроль устраненных дефектов без повторной обработки				После обработки выполняют многократно контроль части продукции, в которой обнаружены и устранены дефекты до появления устойчивой оконечности контроля, затем продукцию (пору фабрика) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю
Контроль комплексный				По перечислению а) таблицы
Контроль локальный				По перечислению б) таблицы

Продолжение таблицы 4 2

1	2	3	4	5
Многократный контроль устраненных дефектов с повторной обработкой				Все операции выполняют многократно над частью продукции, где обнаружены и устранены дефекты, до появления условий окончания контроля, затем продукцию (полуфабрикат) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю
Контроль комплексный				По перечислению а) таблицы
Контроль локальный				По перечислению б) таблицы
Многократный контроль без устранения дефектов с повторной обработкой всего объема продукции				Все операции выполняют многократно над всем объемом продукции, до появления условий окончания контроля, затем продукцию (полуфабрикат) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю
Контроль комплексный				По перечислению а) таблицы
Контроль локальный				По перечислению б) таблицы

Окончание таблицы 4 2

1	2	3	4	6
Многократный контроль с повторной обработкой обнаруженных дефектов				Все операции выполняют многократно над частью продукции, где обнаружены дефекты до появления условий окончания контроля, затем продукцию (полуфабрикат) направляют на дальнейшую переработку или выдают потребителю
Контроль комплексный				По перечислению а) таблицы
Контроль локальный				По перечислению б) таблицы
Резервируемая обработка				Параллельное выполнение определенной операции обработки со сравнением результатов Возможны различные схемы организации выполнения операций в соответствии с различными схемами организации контроля. Рисунок соответствует перечислению б) таблицы

4.4.2 Сетевые графики

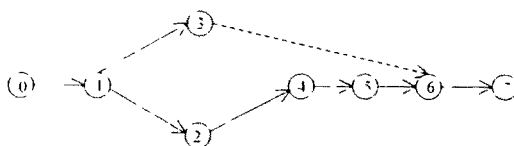
Сетевые графики применяют для изображения связей и результатов всех работ, выполнение которых необходимо для достижения определенной цели

При использовании сетевых графиков в качестве элементов технологических процессов выделяют работы и события (результаты выполнения работ) При этом понятие "работа" используется в трех смыслах как процесс, требующий затрат времени и материальных ресурсов (действительная работа), как ожидание (простой), т.е. как пассивный процесс, не требующий затрат труда и материальных ресурсов, но занимающий время, как зависимость, то есть связь между событиями, не требующая затрат времени, эта связь (фиктивная работа) указывает на невозможность начала некоторых работ до наступления определенных событий

Действительные работы и ожидания изображают сплошными стрелками, фиктивные работы – штриховыми стрелками События изображают кружками с цифровыми индексами Номера событий у начала i и конца j работы могут быть использованы для обозначения работы, например, операция (i, j)

Последовательность работ по направлению стрелок называется путем Длина пути равна сумме продолжительностей лежащих на нем работ На сетевом графике с детерминированными продолжительностями работ двойной или жирной стрелкой выделяют путь между исходным и завершающим событиями, имеющий наибольшую продолжительность, - критический путь Он определяет общее время выполнения системы работ, включенных в сетевой график

Могут применяться сетевые графики со случайными продолжительностями работ Пример сетевого графика изображен на рис. 4.3



Обозначения: 0 1 – технический осмотр вагонов поезда; 1 2 – отцепка поездного токомотива; 1 3 – висапка пассажиров и выгрузка багажа; 2 4 – ограждение состава; 4 5 – технический осмотр экипажной части состава; 5 6 – снятие ограждения; 6 7 – подача состава в парк формирования.

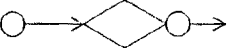
Рисунок 4.3 - Фрагмент сетевого графика подготовки к рейсу поезда дальнего следования

4.4.3. Логико-сетевые графы

Логико-сетевые графы применяют в качестве моделей систем работ, последовательность выполнения которых зависит от выполнения определенных условий, наиболее часто этими условиями являются качество и своевременность выполнения работ.

Элементами логико-сетевого графа, кроме событий, действительных работ, ожиданий и фиктивных работ являются логические элементы сравнения (контроля), которые изображаются ромбами. Сравнение может проводиться различными способами. Обозначения логических элементов при возможных способах сравнения изображены в табл. 4.3.

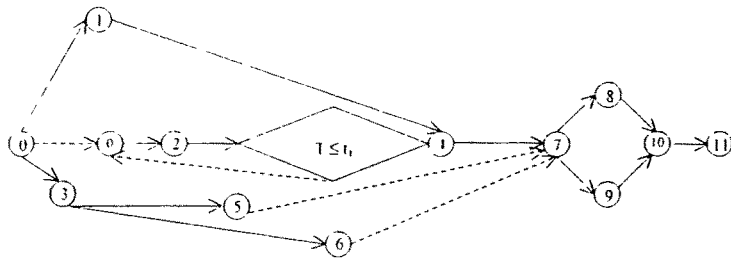
Таблица 4 3- Графические модели операций с логическим элементом сравнения

Способ сравнения	Изображение работ с логическим элементом сравнения
Сравнение с заданным значением времени завершения или качества результата работы	
Сравнение с заданным значением текущего времени выполнения работы	

При неудовлетворительном исходе часть работ может выполняться повторно. Дуги возвратов, которые изображают штриховыми стрелками, показывают последовательность выполнения работ при несоблюдении логических условий. В логико-сетевом графе кроме обычных событий выделяют события контрольные, из которых возможен возврат на переделку работ, и события базовые, в которые произойдет возврат при неудовлетворительном качестве результатов или при несвоевременном наступлении соответствующего контрольного события.

Конечное событие наступает лишь тогда, когда выполнены все предшествующие ему работы и соответствующие логические условия.

Пример логико-сетевого графа приведен на рис 4 4



Обозначения

0,1 – погружение свай и устройство ростверков пойменных опор;

0',2 – вибропогружение свай – оболочек и устройство ростверков русловых опор;

0,3 – постройка бетонного завода;

1,4 – установка опалубки и бетонирование пойменных опор.

3,5 – устройство фундаментов и бетонирование тела береговых устоев.

3,6 – изготовление блоков пролетных строений;

4,7 – устройство железобетонной надстройки и оголовков опор.

7,8 – монтаж пойменных пролетных строений,

7,9 – монтаж русловых пролетных строений;

8,10 – укладка изоляции, асфальтирование и отделочные работы пойменных пролетных строений.

9,10 – укладка изоляции, асфальтирование и отделочные работы русловых пролетных строений.

10,11 – испытание и сдача моста в эксплуатацию

Логическое условие выполнения работы 0', 2, 2,4 – своевременное (до наступления ледохода) её выполнение (при несвоевременном выполнении работ ледоход может сломать опалубку, разрушить ростверки и верхнюю часть свай; в этом случае всю указанную последовательность работ придется выполнять заново). Контрольный срок t_1 – время наступления ледохода, T – суммарное время выполнения системы работ 0', 2, 2,4. Событие 4 – контрольное, событие 0' – базовое.

Рисунок 4.4 - Логико-сетевой граф строительства моста

4.4.4 Технологические цепи

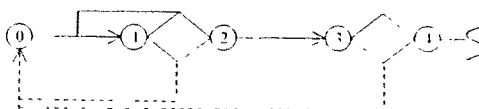
Технологические цепи применяют для наглядного изображения и анализа технологических процессов над объектом (продукцией, предметом производства) с учетом возможного появления дефектов (брака) продукции

При составлении технологической цепи учитывают, что возможны три вида технологических операций: обработка (т.е. всякие действия над предметом производства, том числе транспортирование), контроль, сборка (в том числе обобщение данных, определение термина «обобщение» по ГОСТ Р 51170-98)

Выделяют определенный объем продукции или изделия и признаки возможных его состояний: годное и негодное (дефектное), которые обусловлены технологией изготовления. Каждая операция контроля заканчивается одним из двух исходов: продукция признанная годной, направляется на дальнейшую обработку, а продукция, признанная дефектной (браком) – на возможное исправление и/или повторную обработку, возможный повторный контроль и т.д. В конечном итоге она может присоединиться к основному объему продукции. Чтобы показать, что некоторые работы могут быть начаты лишь после наступления определенных событий, применяют фиктивные работы.

Для упрощения анализа выделяют типовые технологические схемы (ТТС), отличающиеся организацией выполнения контроля. Наименование и изображение ТТС по пункту 4.4.1.

Частным случаем технологической цепи является информационная цепь – графическая модель технологического процесса переработки данных (ТППД). Условные обозначения – по ГОСТ Р 51167-98. На рис. 4.5 приведен простейший пример технологической цепи.



Обозначения

0,1 – передача телеграммы – натурного листа (ТНЛ).

1,2 – контроль передачи по каналу связи.

2,3 – ввод в ЭВМ.

3,4 – программный контроль ТНЛ

Рисунок 4.5 - Фрагмент технологической (информационной) цепи, соответствующий технологическому процессу обработки ТНЛ

4.4.5 Сети Петри

Сети Петри применяют для наглядного изображения математической модели технологического процесса, в том числе, процесса вычислений.

Структура сети Петри представляет собой совокупность двух типов вершин: позиций (обозначают кружками $\bigcirc$) и переходов (обозначают планками $|$). Позиции и переходы соединяются ориентированными дугами (стрелками). При этом некоторые дуги направлены от позиций к переходам, другие – от переходов к позициям. В таком графе допускается существование кратных дуг от одной вершины графа к другой.

Для перевода схемы алгоритма в сеть Петри заменяют символы процесса схемы на переходы сети Петри, а символы линий схемы – на позиции сети Петри. Каждая дуга схемы соответствует точно одной позиции в сети Петри. Рис. 4.6 иллюстрирует перевод “операторов” - схемы алгоритмов в переходы сети Петри.

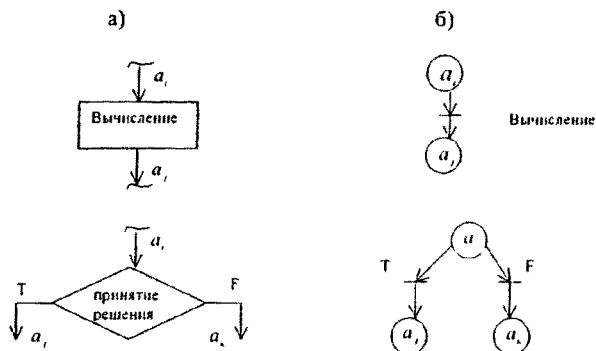


Рисунок 4 б - Перевод символов процесса в схеме алгоритма (а) в переходы в сети Петри (б)

4.4.6 Оперограммы

Оперограммы применяют для планирования и контроля за ходом выполнения технологических процессов

В строках (столбцах) таблицы указывают наименования (коды) работ, в столбцах (или строках соответственно) – наименования (коды) исполнителей работ или подразделений (служб), в которых выполняются работы. Работа изображается кружком. Выделение кружка (цветом или штриховкой) может быть использовано для обозначения условий выполнения работ, например без применения (незаштрихованный кружок) или с применением (заштрихованный кружок) технических средств. Связь между работами указывается сплошной стрелкой. Штриховая стрелка, направленная острием к одной из предыдущих работ, указывает на необходимость повторного выполнения части работ при невыполнении некоторого условия (обычно при некачественном результате этих работ).

Пример оперограммы приведен на рис. 4.7.

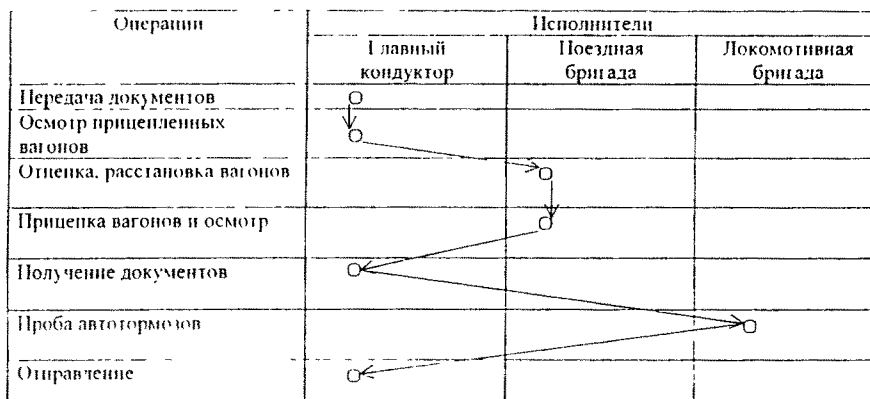


Рисунок 4.7 - Оперограмма выполнения операций со сборным поездом на промежуточной станции

4.5 Графики жизненного цикла

Графики жизненного цикла (ЖЦ) применяют для наглядного изображения изменений значений технических и экономических показателей технологических систем при их разработке, изготовлении и применении.

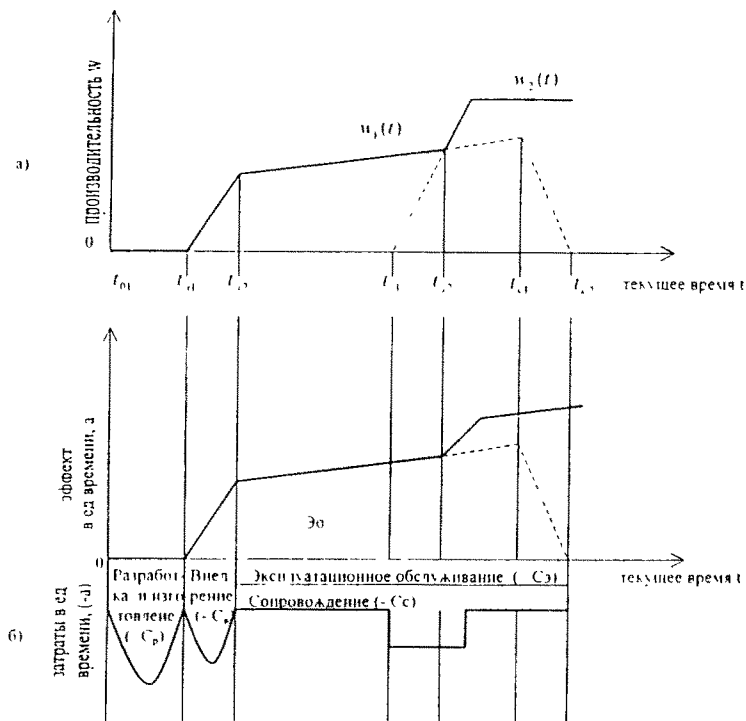
По горизонтальной оси графика жизненного цикла откладывают календарное время и отмечают этапы ЖЦ; по вертикальной оси – значения технических или экономических показателей качества функционирования (рис.4.8 а,б). В качестве технического показателя качества функционирования обычно используют производительность.

Пример графика ЖЦ по производительности приведен на рис. 4.8, а. В течение периода (t_{n1}, t_{n2}) разрабатывают и изготавливают технологическую систему, при этом производительность $y_n(t) = 0$. В течение периода внедрения

(t_{11}, t_{12}) производительность $w_1(t)$ быстро растет. На этапе основной эксплуатации (t_{12}, t_{11}) значения $w_1(t)$ могут оставаться постоянными или изменяться (на рис 4.8,а приведен случай роста $w_1(t)$). Заключительный этап (t_{11}, t_{12}) для многих систем не достигается – они морально устаревают раньше и заменяются новыми, более производительными. На рис. 4.8,а показано, что в точке t_{12} происходит замена технологической системы новой, более производительной, чем прежняя ($w_2 > w_1$). Для осуществления в точке t_{12} такой замены необходимо начать внедрение этой новой технологической системы в точке t_{11} .

Пример графика ЖЦ с экономическим показателем качества функционирования приведен на рис 4.8,б. По вертикальной оси откладывают эффект или затраты в единицу времени. Соответствующие площади над (или под) графиками характеризуют накопленный суммарный доход $D = \Sigma o - \Sigma p - \Sigma b - \Sigma z - \Sigma c$. Затраты в единицу времени являются наибольшими в период создания системы. Но при длительной эксплуатации интегральные затраты могут быть значительно большими, чем первичные затраты на разработку и изготовление этой системы.

Могут применяться графики дохода в единицу времени и накопленного дохода по этапам ЖЦ.



УДК 658 011 56 656 2 (083 74)

Ключевые слова технологический (транспортный) процесс, технологическая система, сетевые графики, логико-сетевые графы, технологические цепи, схемы причинно-следственных связей, бездефектность продукции, своевременность выполнения операций

**МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МПС РОССИИ)**

УКАЗАНИЕ

«29» октября 2001 г.

Москва

№ М-1785у

*О вводе в действие
отраслевого стандарта*

В целях унификации графического отображения технологических моделей и процессов на железнодорожном транспорте

1 Утвердить и ввести в действие стандарт отрасли ОСТ 32 165-2000 «Графические модели технологических процессов» с 1 ноября 2001 года (Приложение)

2 Руководителям научных и проектных организаций использовать положения стандарта отрасли ОСТ 32 165-2000 при описании технологических моделей транспортных процессов

Первый заместитель Министра



А С Мишарин