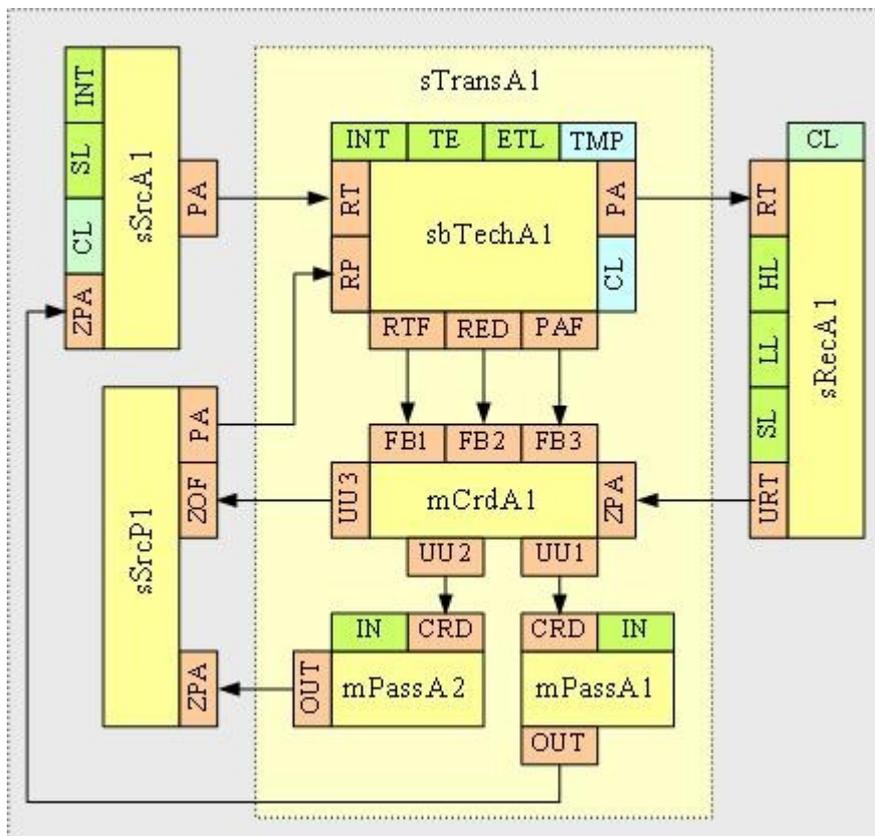


ИГОРЬ ЛУЦЕНКО

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ



© 2012 – Игорь Луценко

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from both the copyright owner and the publisher.

Requests for permission to make copies of any part of this work should be e-mailed to: altaspera@gmail.com

В тексте сохранены авторские орфография и пунктуация.

ISBN 978-1-105-85149-0

Published in Canada by Altaspera Publishing & Literary Agency Inc.

Для достижения своих целей люди создают управляемые системы. Все больше и больше функций в таких управляемых системах выполняют автоматические механизмы. Нас уже не удивляют технологические линии, которые производят качественную продукцию без непосредственного участия человека. Не будет ошибкой сказать, что мы живем в эпоху тотальной автоматизации технологических процессов.

Однако неутомимые помощники человечества решают только одну часть задачи, на пути к достижению **наших целей**. Это задача создания потребительских продуктов с заданным качеством. При этом заданное качество может быть достигнуто выбором самых разнообразных режимов работы технологического оборудования.

Как выбрать наилучший, оптимальный режим? Для этого нужно определить среди множества различных вариантов наиболее выгодный. Объективно сделать это можно только в том случае если в наших руках есть критерий эффективности.

Разработка этого критерия (показателя эффективности) стала возможной благодаря созданию основ теории эффективности, изложению принципов которой посвящена данная книга. Разработкой показателя эффективности – критерия оптимального управления, начинается новый этап развития управляемых систем – этап автоматизации процессов управления.

ОБ АВТОРЕ

Луценко Игорь Анатольевич, доктор технических наук. Темы научного интереса: теория эффективности и оптимальное управление, в настоящее время занимается вопросами автоматизации процессов управления открытых систем.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Регистрационная модель технологической операции	7
2. Модель упрощенной приведенной операции	13
3. Модель операции в виде потоков	15
4. Момент логического завершения операции	21
5. Аналитическое определение момента логического завершения операции	27
6. Ресурсоемкость операции	33
7. Аналитическое определение ресурсоемкости упрощенной приведенной операции	40
8. Потенциальный эффект операции	43
9. Показатель эффективности	48
10. Расчет эффективности операций и проектов с использованием численных методов	52
Источники	64

Введение

Вопрос оценки эффективности операций, проектов или процессов, как последовательности операций, чрезвычайно важен в нашей жизни, и, особенно, в профессиональной деятельности.

Примерно в 1995 году я столкнулся с необходимостью оценки эффективности операций логистик – менеджеров. Формулу эффективности найти не удалось. И это не смотря на то, что об оценке эффективности говорили и писали много. Но, оказалось, что о **проблеме эффективности** тоже известно специалистам: «Инженеры, исследователи, экономисты и проектировщики непрерывно предлагают новые «универсальные, точные и ясные» целевые функции. В 1967 г. Одному из авторов удалось собрать свыше ста критериев оптимизации разделительных процессов. После их классификации выяснилось, что универсального критерия нет, а выбор критерия оптимизации или эффективности процесса – задача не простая» [1].

В процессно-ориентированном стандарте, например ISO серии 9000:2000 понятие «эффективность» определяется как отношение между полученными результатами и затраченными ресурсами [2].

Как видно, на сегодня ситуация не изменилась. В основополагающем документе «**эффективность**» определяется только на концептуальном

уровне.

Проблема заинтересовала. Попытка вывести показатель эффективности, с опорой на уже наработанный научный материал, к успеху не привела. Решение этой задачи потребовало создания новой исследовательской базы - потоковой модели операции и новой терминологической основы. В результате разработки основ теории эффективности [3] были получены выражения для определения момента логического завершения операции, ресурсоемкости операции, потенциального эффекта и эффективности.

Теперь оценка эффективности операций, проектов и процессов является достаточно формальной процедурой, а главной задачей для решения задачи идентификации операций является полный сбор необходимых данных.

Меня всегда интересовал вопрос, как идет процесс создания той или иной теории. В данном случае процесс мышления опирался не столько на формулы, сколько на образы (функции). Именно поэтому представленный материал снабжен большим количеством рисунков и временных диаграмм, которые, в принципе, и отображают последовательность этапов получения конечного результата этой работы.

Принятая система обозначений может показаться не совсем привычной, но в действительности она очень удобна, поскольку сразу дает представление о сути описываемого процесса. Например, r_i - обозначение i -го входного продукта операции; rs_i - экспертная (стоимостная) оценка

единицы i -го входного продукта операции; $rq_i(t)$ - сигнал регистрации натурального параметра i -го входного продукта операции; $re_i(t)$ - сигнал регистрации i -го входного продукта операции, отмасштабированного в сопоставимых единицах; $ire(t)$ - проинтегрированная функция $re(t)$; $vre(t)$ - проинтегрированная функция $ire(t)$; $wre(t)$ - проинтегрированная функция $vre(t)$, трижды проинтегрированная функция $re(t)$. Аналогично построена система условных обозначений касающаяся выходных продуктов операции.

1. Регистрационная модель технологической операции

Выбор самого эффективного управленческого решения, оптимального управления технико-экономическими системами, наиболее выгодного варианта проекта и т.д., тесно связаны с необходимостью сбора вполне определенных данных, их исследования, формулирования, в том или ином виде, выводов этих исследований.

Задача, концептуально, очень простая. Нужно исследовать собранные данные и высказать суждение о том, насколько эффективнее та или иная операция, тот или иной проект, по сравнению с другими вариантами. А для этого, в свою очередь, необходимо исследовать данные операции, количественно отображающие движения продуктов на входах и выходах исследуемой системы. Модель операции, которая отображается в виде таких сигналов, определим, как **«регистрационную модель операции»** [4].

В качестве примера рассмотрим регистрационную модель операции системы нагрева. На входы системы нагрева поступают: холодная жидкость (r_w) и энергетический продукт (r_e). Через некоторое время на выходе системы появляется нагретая жидкость (p) (рис.1).

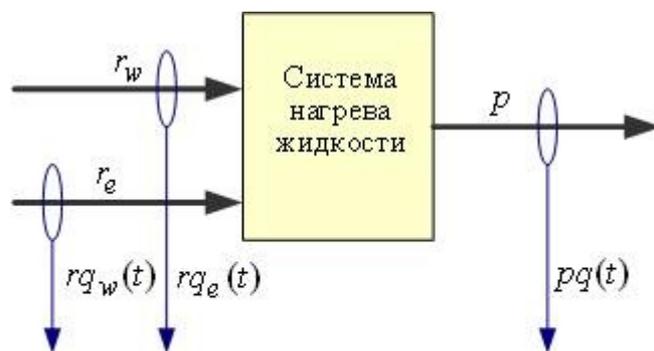
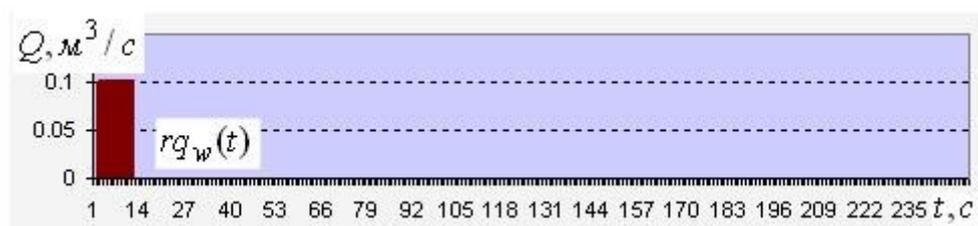


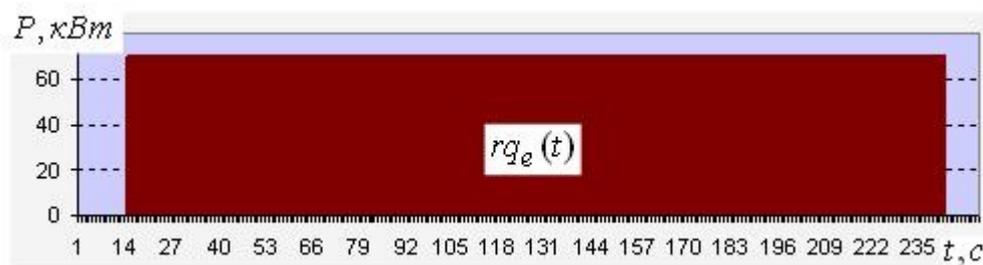
Рис.1

Рис.1 Принцип получения сигналов регистрации

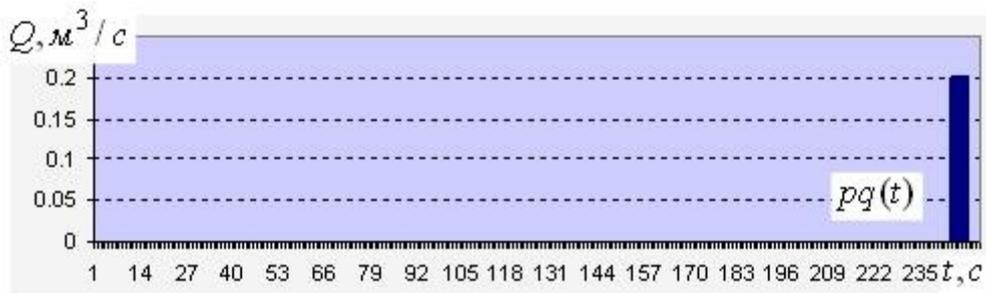
Датчики, если такие установлены в каналах системы, формируют сигналы регистрации количественных параметров, отображающих движение продуктов системы (рис.2).



$r_{q_w}(t)$ - сигнал регистрации движения жидкости



$r_{q_e}(t)$ - сигнал регистрации движения энергетического продукта



$pq(t)$ - сигнал регистрации движения нагретой жидкости

Рис.2 Регистрационная модель операции нагрева жидкости

То есть, информацию о процессе нагрева мы получили в виде **сигналов регистрации** $rq_w(t)$, $rq_e(t)$ и $pq(t)$. Это и есть **регистрационная модель операции**.

Конечно, необходимо учитывать также износ оборудования системы за время операции, но нас интересует не адекватность модели операции, а принцип ее построения. А для этих целей полученной информации вполне достаточно.

Но, как сравнивать кубометры холодной жидкости, киловатты энергии с кубометрами нагретой жидкости?

Для этого есть только один способ. Нужно от натуральных величин регистрационной модели перейти к сопоставимым величинам, выраженным через экспертные оценки. В технико-экономических

системах используются стоимостные оценки (подмножество множества экспертных оценок). По сути, экспертная оценка является коэффициентом масштабирования сигнала.

Жидкость, которую необходимо нагреть, мы обозначили r_w , а связанный с ней сигнал регистрации - в виде временного ряда $rq_w(t)$. Если отмасштабировать этот временной ряд, с коэффициентом масштабирования rs_w (rs_w - это, например, стоимостная оценка единицы холодной жидкости), то мы перейдем от временного ряда натуральных величин $rq_w(t)$, к временному ряду $re_w(t) = rs_w \cdot rq_w(t)$.

Проделав такие же преобразования с энергетическим продуктом r_e , получим временной ряд $re_e(t) = rs_e \cdot rq_e(t)$. Здесь rs_e - экспертная (стоимостная) оценка единицы энергетического продукта.

Теперь, можно получить общий сигнал регистрации $re(t)$, как сумму сигналов $re_w(t)$ и $re_e(t)$. Соответственно, $pe(t) = ps \cdot pq(t)$.

Таким образом, мы перешли от регистрационной модели операции, представленной в натуральных величинах, к регистрационной модели операции, данные которой **приведены к сопоставимым величинам** (рис.3).

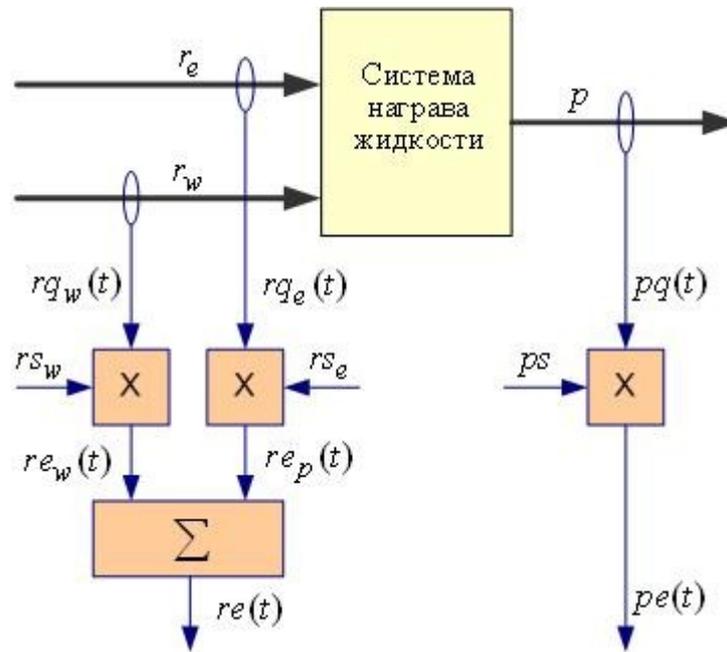
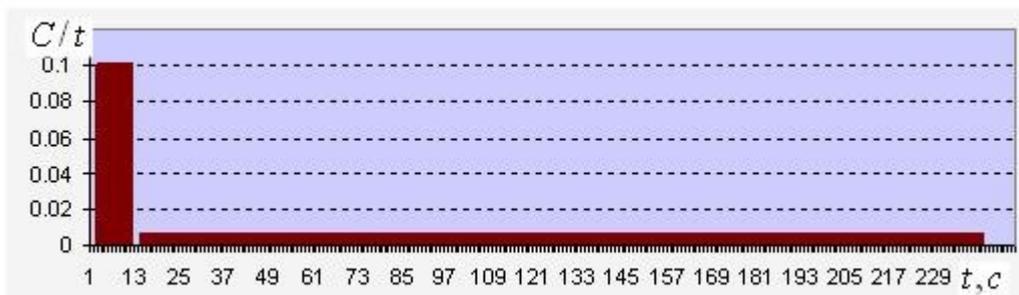
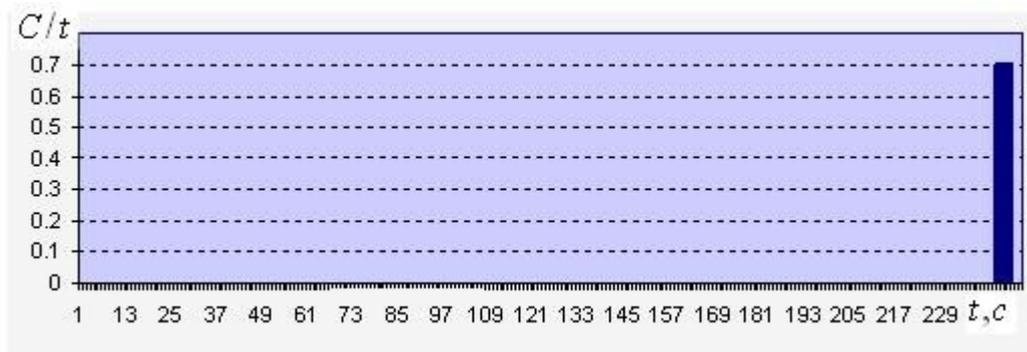


Рис.3 Структура преобразования исходных сигналов регистрации к сигналам регистрации в сопоставимых величинах, суммированных по входам и выходам

Модель операции, сигналы регистрации которой приведены к сопоставимым величинам и просуммированы по входам и выходам, определим, как **приведенную регистрационную модель операции**, или просто – модель **приведенной операции**.



$re(t)$ – общий сигнал регистрации движения входных продуктов в
сопоставимых величинах



$pe(t)$ - сигнал регистрации движения выходного продукта операции в
сопоставимых величинах

Рис.4 Приведенная регистрационная модель операции нагрева жидкости

2. Модель упрощенной приведенной операции

Приведение натуральных величин входных и выходных продуктов регистрационной модели операции к сопоставимым величинам и их суммирование во времени, позволяет построить регистрационную модель приведенной операции. Такая модель может быть отображена в двух полуплоскостях одной временной диаграммы.

Однако приведенную регистрационную модель операции можно еще упростить. Это не помешает получению важных научных и практических результатов, и при этом позволит повысить степень восприятия материала, а также получить ряд важных аналитических зависимостей. Для этого необходимо проинтегрировать функции $re(t)$ и $pe(t)$, на интервале от начала операции (t_s), до момента ее физического завершения (t_f)

$$RE = \int_{t_s}^{t_f} re(t)dt ; PE = \int_{t_s}^{t_f} pe(t)dt .$$

Величине RE - это интегральная экспертная (стоимостная) оценка входных продуктов операции, PE – интегральная экспертная (стоимостная) оценка выходных продуктов операции.

Примем, что величина RE относится к моменту начала операции - t_s , а PE - к моменту ее завершения - t_f .

Теперь можно ввести понятие «упрощенная модель приведенной операции» (рис.5). У этой модели сигналы регистрации представлены двумя импульсными функциями $re(t)$ и $pe(t)$. Амплитуда импульса функции $re(t)$ составляет величину RE , а сам импульсный сигнал расположен в точке, соответствующей моменту начала операции. Амплитуда импульса функции $pe(t)$ составляет величину PE , а сам импульсный сигнал расположен в точке, соответствующей моменту физического завершения операции.

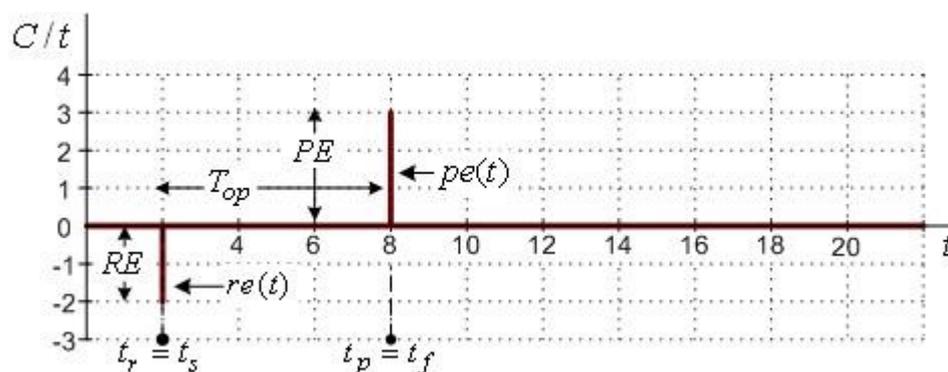


Рис.5 Упрощенная регистрационная модель приведенной операции

Такая модель операции ценна тем, что для полного ее описания достаточно знать три цифры: величину RE , величину PE и время операции T_{op} .

3. Модель операции в виде потоков

Регистрационная модель движения продуктов дает всю необходимую информацию для решения задачи исследования эффективности операции. Но прямо использовать ее для идентификации операции не получится. Давайте рассмотрим, почему?

Односторонне исследуем технологический процесс операции перемещения некоторого продукта. Примем, что параметры продукта в процессе этого перемещения не изменяются.

Датчик Д1 на входе и Д2 выходе технологического механизма отобразят информацию в виде временных рядов регистрации $rq(t)$ и $pq(t)$ (рис.6).

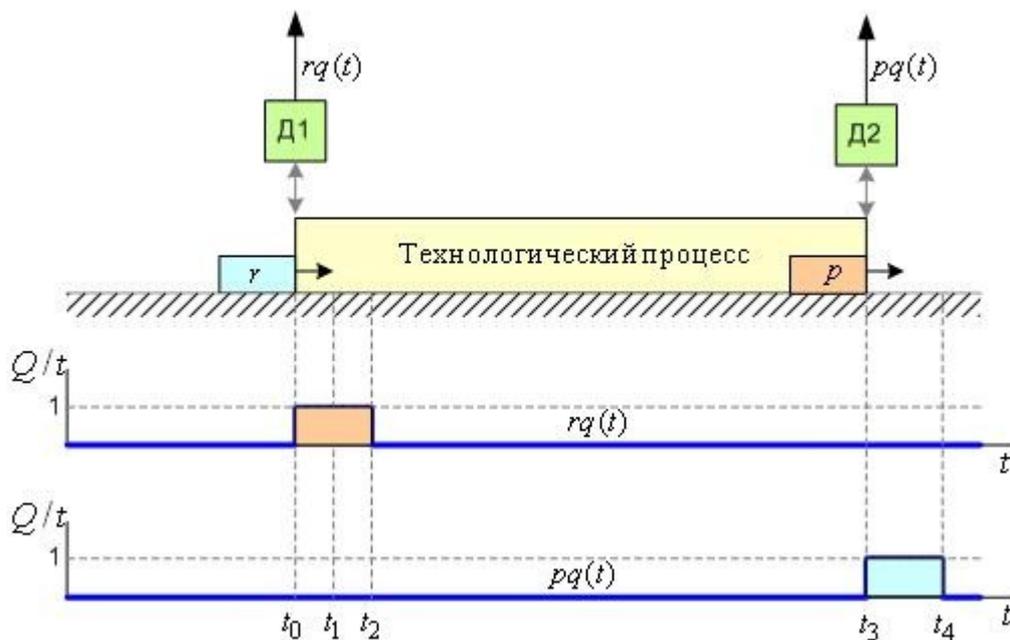


Рис.6 Технологический процесс операции перемещения продукта

Но это видение «со стороны датчиков». А какова картина со стороны наблюдателя внутренних процессов?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, проведем мысленный эксперимент, поручив специальному агенту А непрерывно наблюдать за процессом перемещения в зоне проведения операции. Задача агента – наблюдателя, непрерывно регистрировать во времени учетный параметр видимой части объекта перемещения (рис.7).

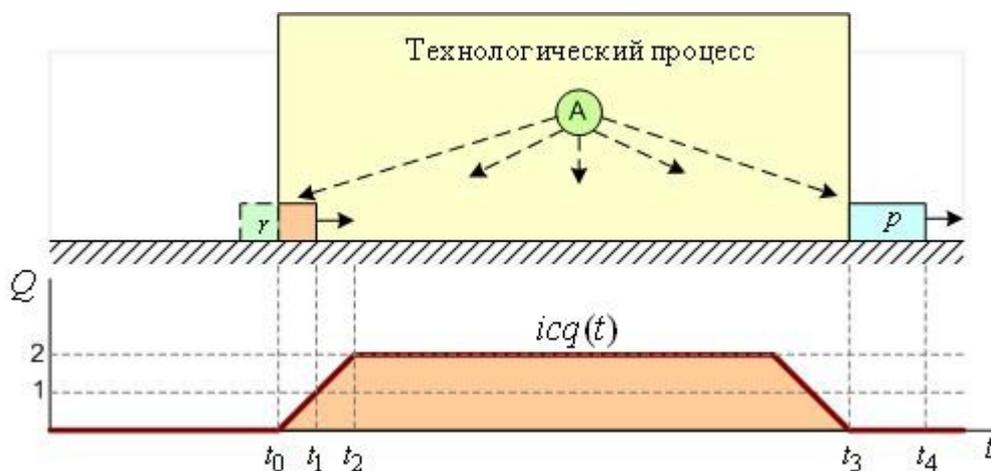


Рис.7 Количественный параметр продукта операции со стороны наблюдателя

В момент времени t_0 наблюдатель не видит продукт перемещения. После момента времени t_0 агент видит возрастающие размеры объекта. В момент t_1 он видит половину объекта, в момент t_2 он уже видит объект

полностью. Момент t_3 характерен тем, что это последний момент времени, когда наблюдатель видит объект полностью.

Картина, которую отобразит агент, будет иметь вид функции $icq(t)$ (рис. 7). Определим эту функцию как **поток связанных ресурсов**. Каждая точка этого потока показывает, какой объем перемещаемого продукта в данный момент времени связан технологическим процессом операции. Такую информацию сигналы датчиков непосредственно не отображают. Они находятся на входе и выходе процесса операции.

Для того чтобы получить картину внутреннего процесса, сигналы регистрации необходимо предварительно обработать. Их необходимо проинтегрировать, а затем найти разность полученных функций.

Интеграл от функции $rq(t)$, определим как $irq(t)$, а интеграл от функции $pq(t)$, определим, как $ipq(t)$. Тогда разность функций $icq(t) = irq(t) - ipq(t)$ даст нам картину, отображающую сущность внутренних процессов операции (рис.8).

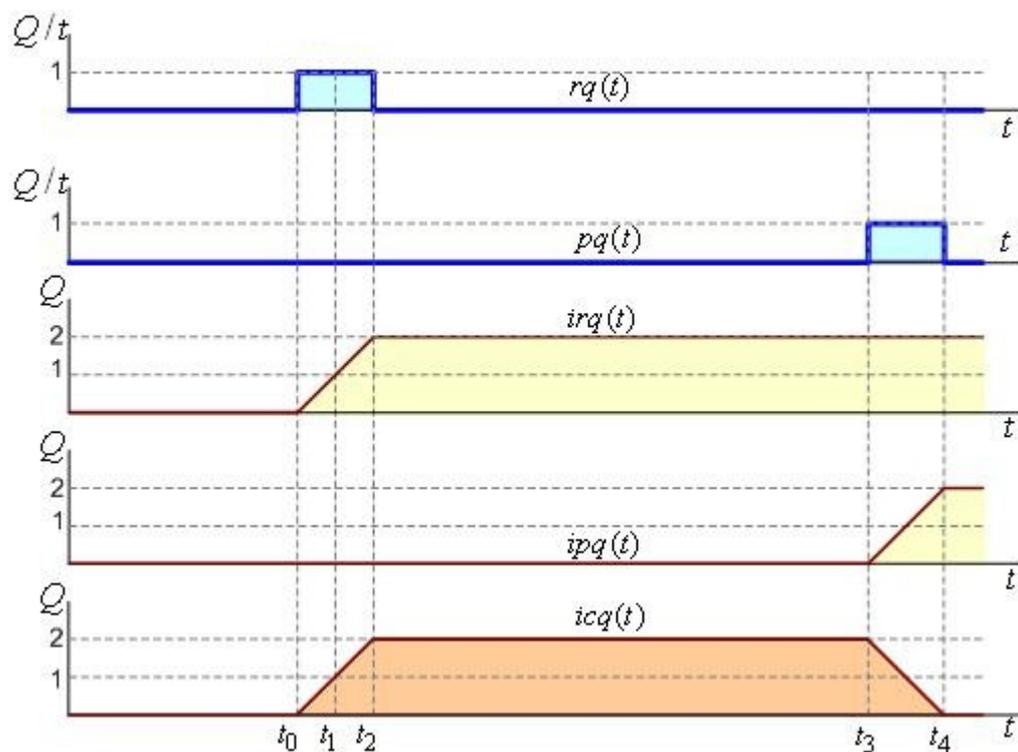


Рис.8 Пример преобразования регистрационной модели, в потоковую модель

Как видим, мы получили картинку, идентичную той, которую получил наблюдатель динамики процесса операции.

То есть, для отображения динамики процесса операции, необходимо получить информацию в виде потока, в данном случае $i_{rq}(t)$, который мы определим как поток ресурсопотребления, и в виде потока $i_{pq}(t)$, который мы определим как поток ресурсоотдачи.

Поток связанных ресурсов $i_{cq}(t)$ определим как разность потока ресурсопотребления и ресурсоотдачи $i_{cq}(t) = i_{rq}(t) - i_{pq}(t)$.

Таким образом, именно математическая обработка потоков ресурсопотребления и ресурсоотдачи позволяет получить реальную картину связывания и высвобождения ресурсов операции.

В общем случае, для потоков ресурсопотребления и ресурсоотдачи, приведенных к сопоставимым величинам, получим

$$ire(t) = -\sum_{i=1}^I \left[rs_i \int_0^t rq_i(t) dt \right] = -\int_0^t re(t) dt;$$

$$ipe(t) = \sum_{j=1}^J \left[ps_j \int_0^t pq_j(t) dt \right] = \int_0^t pe(t) dt.$$

Учитывая то, что входные продукты связываются процессами операции, входной обобщенный сигнал регистрации, отображающие движение входных продуктов, мы будем отображать в отрицательной полуплоскости временной диаграммы, а обобщенный сигнал регистрации, отображающий движение выходных продуктов, в положительной полуплоскости (рис.9).

Если суммировать потоки $ire(t)$ и $ipe(t)$, получим **приведенную модель операции** в виде одного потока $ice(t) = ire(t) + ipe(t)$ (рис. 9).

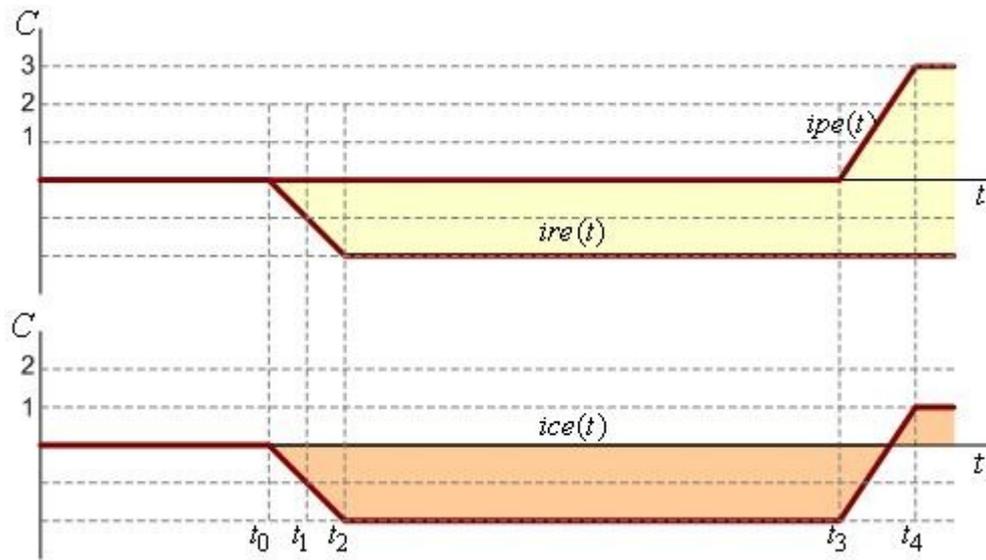


Рис.9 Модель приведенной операции в виде потоков

4. Момент логического завершения операции

Предпринятые шаги, в плане построения регистрационной модели операции, приведенной регистрационной модели операции, модели упрощенной приведенной операции и модели операции в виде потоков, позволяют непосредственно перейти к разработке теории эффективности. Отправной точкой при этом является переход от регистрационной модели операции, к модели в виде потоков. Такая модель отображает движение продуктов операции во времени.

Рассмотрим регистрационную модель упрощенной приведенной операции (рис. 10).

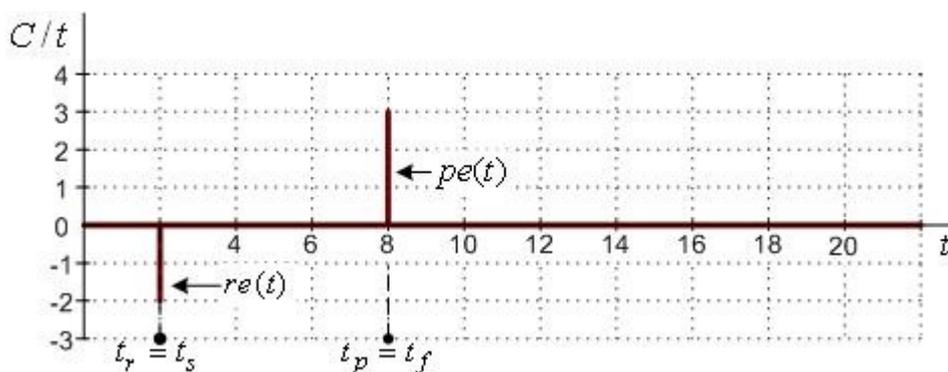


Рис. 10 Упрощенная приведенная модель операции

Эта модель опирается на конкретные числовые данные, что позволяет использовать ее не только в качестве платформы для получения общих научных результатов, но и продемонстрировать их использование.

Построим потоковую модель упрощенной приведенной операции (рис.11), проинтегрировав последовательно функции $re(t)$ и $pe(t)$

$$ire(t) = \int_{t_0}^t re(t)dt; \quad ipe(t) = \int_{t_0}^t pe(t)dt.$$

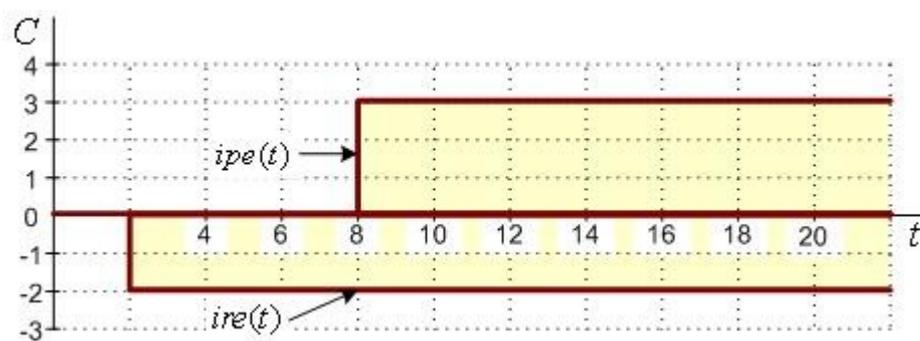


Рис.11 Модель упрощенной приведенной операции в виде двух потоков

Теперь построим модель приведенной операции в виде одного потока (рис.12) воспользовавшись выражением

$$ice(t) = ire(t) + ipe(t) = \int_{t_0}^t re(t)dt + \int_{t_0}^t pe(t)dt.$$

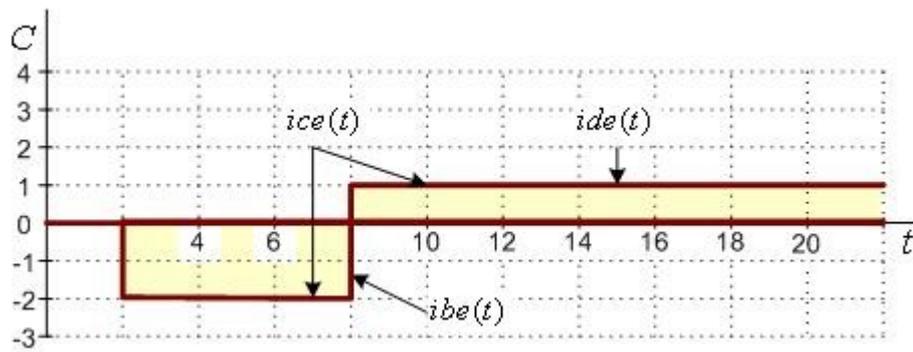


Рис.12 Модель упрощенной приведенной операции в виде одного потока

Как видно, процесс преобразования входных продуктов требует вполне определенного времени. Для изображенной модели операции (рис.12) это время составляет 6 временных интервалов. В момент физического завершения операции ($t_f=8$), процесс преобразования входных продуктов завершается.

Анализируя потоковую модель операции, мы видим, что ее реализация сопряжена с потерями, которые обусловлены связыванием во времени входных продуктов. **Эти потери, отображаемые закрытым потоком связанных ресурсов $ibe(t)$, тем больше, чем выше стоимостная оценка связанных продуктов и чем продолжительнее процесс их преобразования. Следовательно, геометрия потока закрытого потока отрицательной полуплоскости отображает системные потери, связанные с достижением цели операции.**

В момент физического завершения операции (t_f) исследуемая система передает выходной продукт системе потребления. Это означает, что ценность входных продуктов повышена, а сам выходной продукт передан для получения эффекта в результате его использования.

У эффективной операции, на момент ее физического завершения, максимальная величина потока $ipe(t)$ выше максимальной величины потока $ire(t)$. Именно благодаря этой разнице максимальных значений формируется целевой поток $ide(t)$.

Величина потока $ide(t)$ обусловлена разностью стоимостной оценкой выходных продуктов операции и входных продуктов операции. Но поток связанных ресурсов $ibe(t)$ не может быть компенсирован стоимостной оценкой выходного продукта. Это видно из даже при формальном сравнении единиц измерения. Поток, как площадь, имеет единицу измерения "*Стоимость x Время*", а выходной продукт p имеет только "*Стоимость*". Единицы измерения этих категорий различны, а поэтому они несопоставимы.

Сопоставлять можно, например, поток связанных ресурсов $ibe(t)$ и целевой поток $ide(t)$. Логично предположить, что операцию нельзя считать завершенной, пока целевой поток $ide(t)$ не компенсирует поток связанных операцией ресурсов $ibe(t)$.

Для исследуемой операции это момент $t=20$. В этот момент времени, площадь потока $ide(t)$, становится равной площади потока $ibe(t)$. Определим этот момент времени, как момент t_l - момент логического завершения операции (МЛЗО).

Определить МЛЗО таким простым способом удалось только потому, что для исследуемой упрощенной приведенной операции сигналы регистрации подбирались так, чтобы площади потоков можно было легко сопоставлять. Для определения МЛЗО любой эффективной операции, потоки $ibe(t)$ и $ide(t)$ необходимо проинтегрировать. Интегральную функцию модуля потока связанных ресурсов $ibe(t)$ обозначим $vbe(t)$, а интегральную функцию целевого потока $ide(t)$ обозначим $vde(t)$ (рис.13).

Тогда

$$vbe(t) = \int_{t_0}^t |ibe(t)| dt; \quad vde(t) = \int_{t_0}^t ide(t) dt.$$

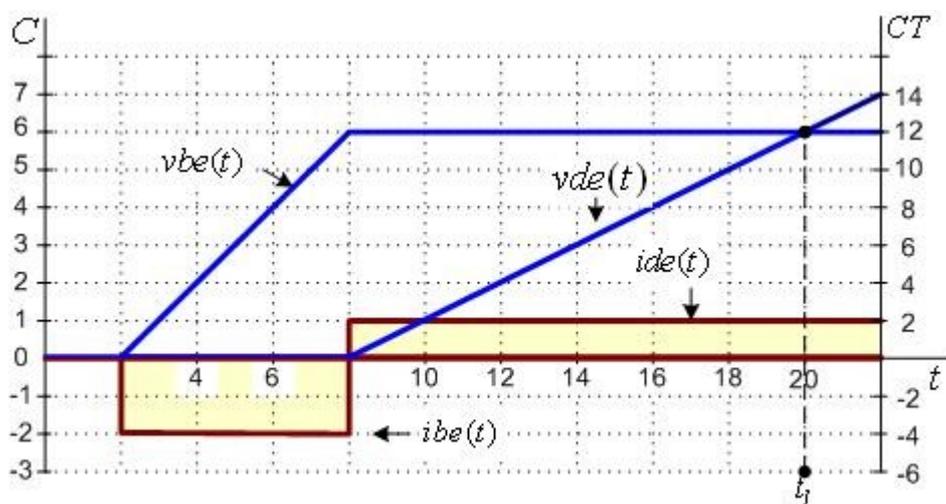


Рис.13 Определение момента логического завершения операции с использованием интегральных функций потока связанных ресурсов и целевого потока

Единица измерения интегральных функций $vde(t)$ и $vbe(t)$ определяется произведением экспертной (стоимостной) компоненты на временную компоненту. Такую единицу измерения будем обозначать СТ.

Таким образом, графики функций $vde(t)$ и $vbe(t)$ пересекаются в точке равенства площадей потоков $ide(t)$ и $ibe(t)$.

Момент логического завершения операции можно определить как *момент равенства интегральных функций от функции потока связанных ресурсов и целевого потока.*

5. Аналитическое определение момента логического завершения операции

Определение момента логического завершения операции (МЛЗО) с опорой на поток связанных ресурсов $ibe(t)$ и целевой поток $vde(t)$ дает возможность понять одну из сторон сущности процесса, в ходе достижения цели операции. Однако определить МЛЗО можно более простым путем, опираясь непосредственно на потоки ресурсопотребления $ire(t)$ и ресурсоотдачи $ipe(t)$, не прибегая к промежуточному преобразованию этих потоков, в потоки $ibe(t)$ и $ide(t)$ [5].

Построим интегральную функцию модуля потока $ire(t)$, которую обозначим $vre(t)$ и интегральную функцию потока $ipe(t)$, которую обозначим $vpe(t)$ (рис.14).

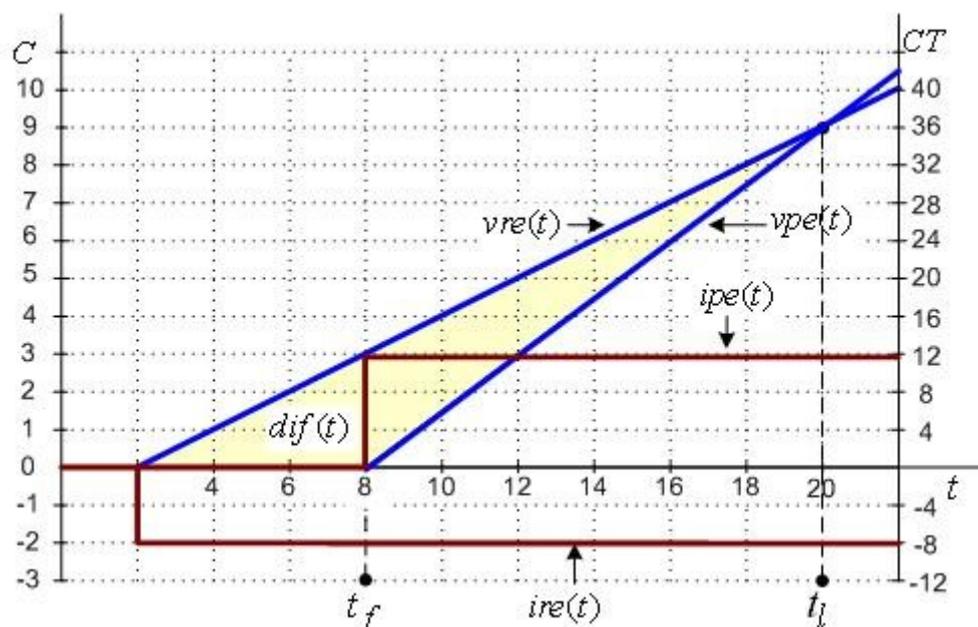


Рис.14 Определение момента логического завершения операции с использованием интегральных функций потоков ресурсопотребления и ресурсоотдачи

Функции $vre(t)$ и $vpe(t)$ пересекаются в той же точке, которую мы определили как МЛЗО. Как видно, определение МЛЗО с использованием потоков ресурсопотребления и ресурсоотдачи требует меньше вычислительных операций.

Таким образом, МЛЗО также может быть определен, как момент равенства интегральных функций от функций потоков ресурсопотребления и ресурсоотдачи. Однако гораздо более важным является то, что нелинейные функции $vre(t)$ и $vpe(t)$, в отличие от существенно нелинейных функций $vbe(t)$ и $vde(t)$, можно заменить линейными функциями $vre^*(t)$ и $vpe^*(t)$ (рис.15)

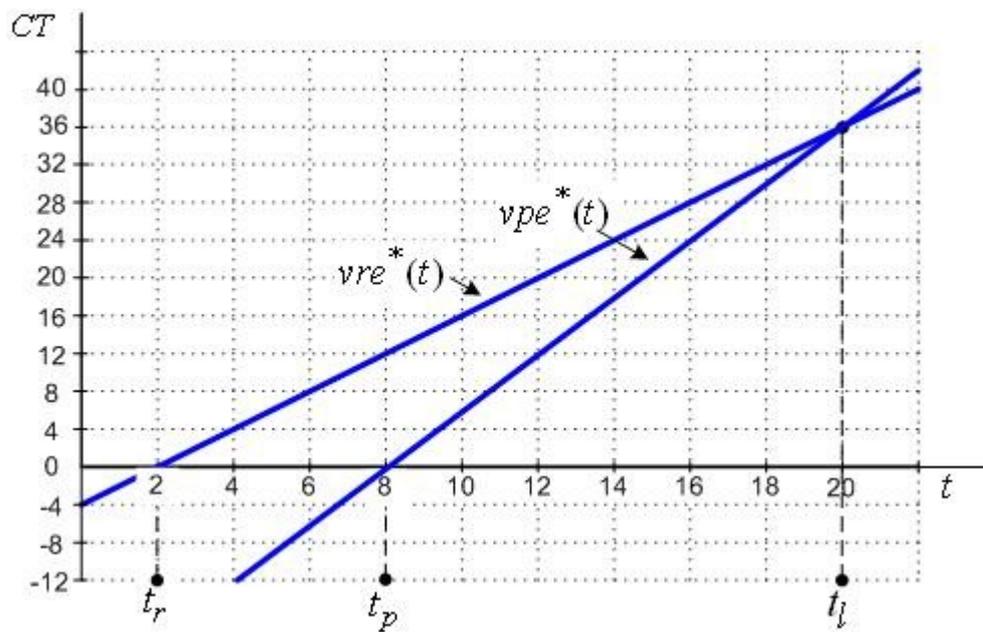


Рис.15 Определение момента логического завершения операции с использованием линейных функций $vre^*(t)$ и $vpe^*(t)$

$$vre^*(t) = ire^*(t) \cdot t - C_r + C,$$

$$vpe^*(t) = ipe^*(t) \cdot t - C_p + C,$$

Константы C_r и C_p соответственно определяются выражениями

$$C_r = ire^*[t_l] \cdot t_l,$$

$$C_p = ipe^*[t_l] \cdot t_l.$$

Запись, к примеру $ipe^*[t_l]$, означает, что берется значение функции $ipe^*(t)$ в точке t_l . Константа C определяет смещение функций $vre^*(t)$ и $vpe^*(t)$.

Для функций $vre^*(t)$ и $vpe^*(t)$ (рис.15) $C=36$.

С учетом (3.4.3, 3.4.4) выражения (3.4.1, 3.4.2) можно представить в виде

$$vre^*(t) = ire^*(t) \cdot t - ire^*[t_l] \cdot t_l + C,$$

$$vpe^*(t) = ipe^*(t) \cdot t - ipe^*[t_l] \cdot t_l + C.$$

Из выражений

$$0 = ire^*(t) \cdot t - ire^*[t_l] \cdot t_l + C, \quad (1)$$

$$0 = ipe^*(t) \cdot t - ipe^*[t_l] \cdot t_l + C. \quad (2)$$

получим значения моментов времени, когда функции $vre^*(t)$ и $vpe^*(t)$ ее пересекают

$$t_r = (ire^*[t_l] \cdot t_l - C) / ire^*[t_r],$$

$$t_p = (ipe^*[t_l] \cdot t_l - C) / ipe^*[t_p].$$

где t_r - момент пересечения временной оси функцией $vre^*(t)$;

t_p - момент пересечения временной оси функцией $vpe^*(t)$.

Можно проверить, что момент t_r соответствует моменту регистрации входных продуктов фокусированной операции, момент t_p соответствует моменту регистрации выходных продуктов фокусированной операции.

Запишем систему уравнений

$$\begin{cases} 0 = ire^*[t_r] \cdot t_r - ire^*[t_l] \cdot t_l \\ 0 = ipe^*[t_p] \cdot t_p - ipe^*[t_l] \cdot t_l \end{cases}.$$

Решив ее относительно t_l , получим

$$t_l = \frac{ipe^*[t_p] \cdot t_p - ire^*[t_r] \cdot t_r}{ipe^*[t_p] - ire^*[t_r]}.$$

Учитывая, что для упрощенных приведенных операций $ipe^*[t_p]$ численно равно PE , а $ire^*[t_r]$ численно равно значению $|RE|$, для определения численного значения t_l можно воспользоваться следующим выражением

$$t_l = \frac{PE \cdot t_p - |RE| \cdot t_r}{PE - |RE|}.$$

Например, для исследуемой операции получим

$$t_l = \frac{PE \cdot t_p - |RE| \cdot t_r}{PE - |RE|} = \frac{3 \cdot 8 - 2 \cdot 2}{3 - 2} = 20.$$

Уравнение (1) можно записать в общем виде для определения МЛЗО любой эффективной операции

$$t_l = \frac{\int_0^{t_f} [pe(t) \cdot t] dt - \int_0^{t_f} [|re(t)| \cdot t] dt}{\int_0^{t_f} pe(t) dt - \int_0^{t_f} |re(t)| dt}.$$

В дискретных системах координат выражение для определения МЛЗО примет вид

$$n_l = \frac{\sum_{k=1}^K [pe_k t_k] - \sum_{k=1}^K [re_k t_k]}{\sum_{k=1}^K pe_k - \sum_{k=1}^K re_k}, \quad i = \overline{1, K}.$$

6. Ресурсоемкость операции

Момент логического завершения операции определяет время компенсации потока ресурсопотребления потоком ресурсоотдачи. Однако эта компенсация осуществляется только по величине. Во времени (это хорошо видно при рассмотрении потока связанных ресурсов $ibe(t)$ и результирующего потока $ide(t)$), эти потоки разнесены, а, следовательно, на момент логического завершения операции (МЛЗО) имеются невосполнимые системные потери.

Эти потери можно определить, как значение интегральной функции рассогласования на момент логического завершения операции. То есть, системные потери, как закрытый поток функции рассогласования $dif(t)$, определяются рассогласованием интегральной функции потока связанных ресурсов $vbe(t)$ и интегральной функции результирующего потока $vde(t)$, на интервале от момента начала операции до момента ее логического завершения (рис. 16).

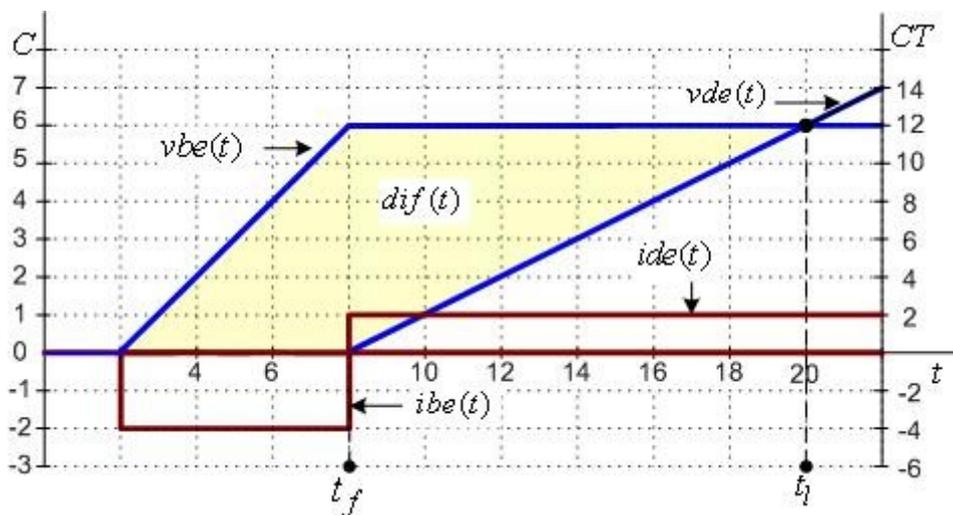


Рис. 16 Определение функции рассогласования с использование
однопотоковой операции

Равноценным подходом является определение потерь управления рассогласованием интегральной функции потока ресурсопотребления $vre(t)$ и интегральной функции потока ресурсоотдачи $vpe(t)$ на интервале от начала операции до момента ее логического завершения (рис. 17).

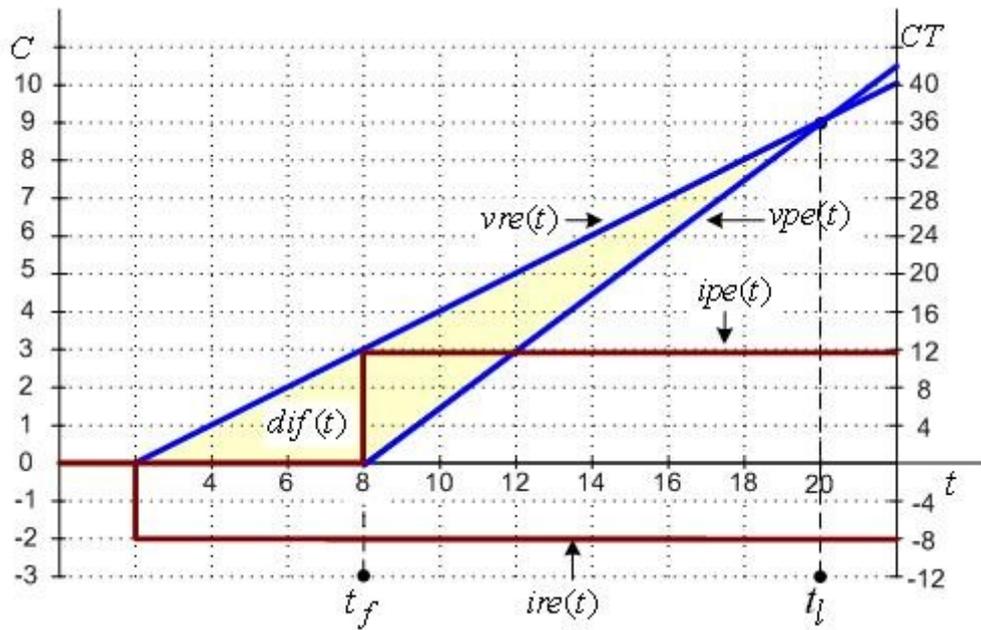


Рис. 17 Определение функции рассогласования с использование двухпотоковой операции

Определим функцию рассогласования на примере исследования фокусированной операции заданной в виде кортежа $(RE = -2, t_r = 2; PE = 4, t_p = 8)$.

1. Определяем МЛЗО из выражения

$$t_l = \frac{PE \cdot t_p - |RE| \cdot t_r}{PE - |RE|} = 20 \text{ с.}$$

2. Вводим вспомогательную переменную v и определяем ее как

$$v \in [t_0; t_l].$$

3. Строим двухпотокową модель операции на интервале $[v_0 = t_0; v_l = t_l]$ (рис. 18).

$$ire(v) = \int_{v_0}^v re(v)dv, \quad ipe(v) = \int_{v_0}^v pe(v)dv.$$

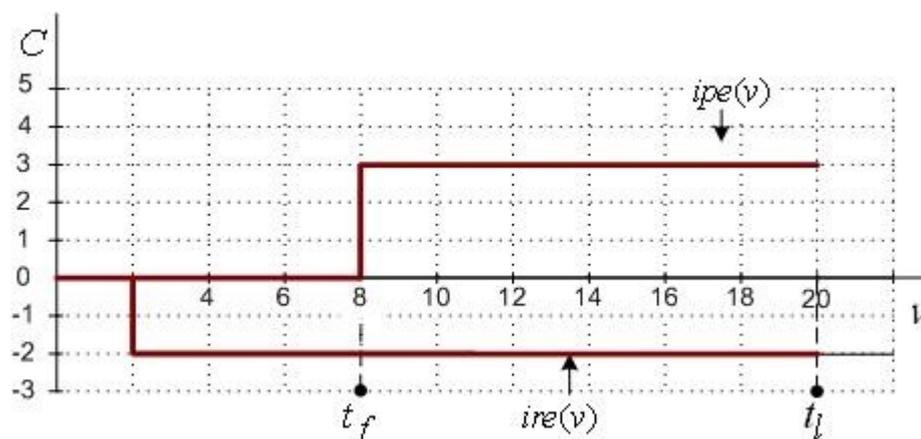


Рис. 18 Модель в виде двух потоков исследуемой приведенной операции

4. Формируем интегральные функции потоков ресурсопотребления и ресурсоотдачи на интервале $[v_0 = t_0; v_l = t_l]$ (рис. 19).

$$vre(v) = \int_{v_0}^v \left| \int_{v_0}^v re(v)dv \right| dv, \quad vpe(v) = \int_{v_0}^v \left(\int_{v_0}^v pe(v)dv \right) dv.$$

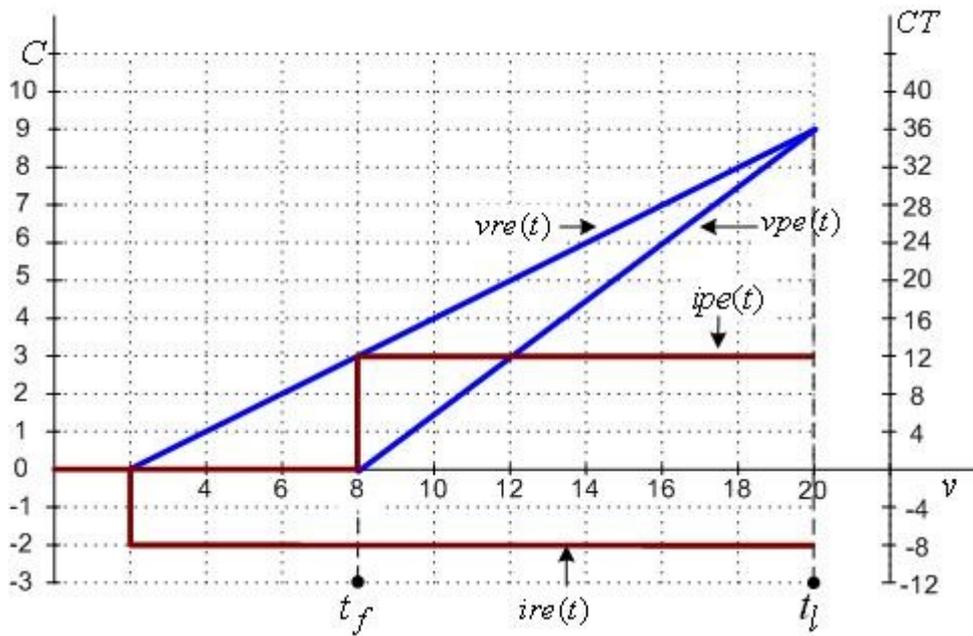


Рис.19 Формирование функций $v_{re}(v)$ и $v_{pe}(v)$ исследуемой операции

5. Определяем потери управления как закрытый поток рассогласования на интервале от начала операции до момента ее логического завершения (рис. 20).

$$dif(v) = \int_{v_0}^v \left| \int_{v_0}^v re(v) dv \right| dv - \int_{v_0}^v \left(\int_{v_0}^v pe(v) dv \right) dv.$$

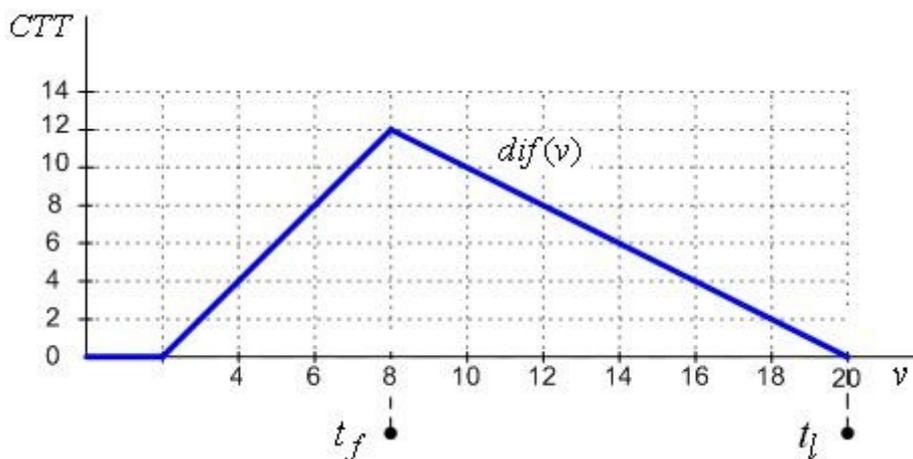


Рис. 20 Некомпенсированные потери управления в виде закрытого потока

$dif(v)$

6. Определяем интегральную функцию потерь управления (рис. 21)

$$r(v) = \int_{v_0}^v \left[\int_{v_0}^v \left(\int_{v_0}^v re(v) dv \right) dv - \int_{v_0}^v \left(\int_{v_0}^v pe(v) dv \right) dv \right] dv$$

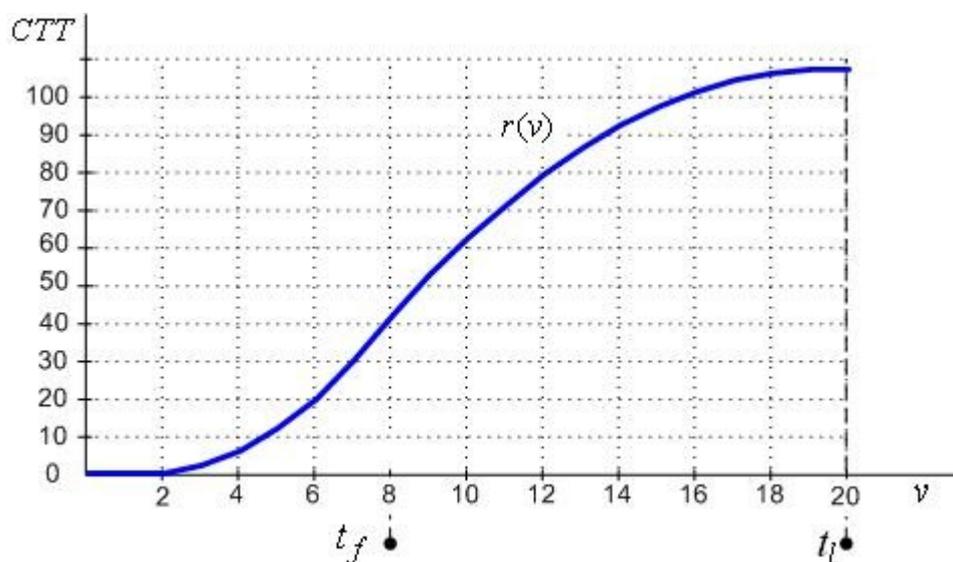


Рис. 21 Функция изменения ресурсоемкости операции

Величина ресурсоемкости операции ИС численно равна значению функции $r(v)$ в точке МЛЗО. Поэтому выражение для определения ресурсоемкости [6] будет иметь вид

$$R = \int_{t_0}^{t_l} \left[\int_{v_0}^v \left| \int_{v_0}^v re(v) dv \right| dv - \int_{v_0}^v \left(\int_{v_0}^v pe(v) dv \right) dv \right] dv, \quad v \in [0, t_l] \quad (2.29)$$

где R - величина ресурсоемкости операции.

Для ресурсоемкости определим единицу измерения СТТ.

7. Аналитическое определение ресурсоемкости упрощенной приведенной операции

Поскольку ресурсоемкость фокусированной операции, исходя из геометрической интерпретации, это площадь треугольника ABC (рис.22), определить ее можно как разность треугольников ABD и CBD.

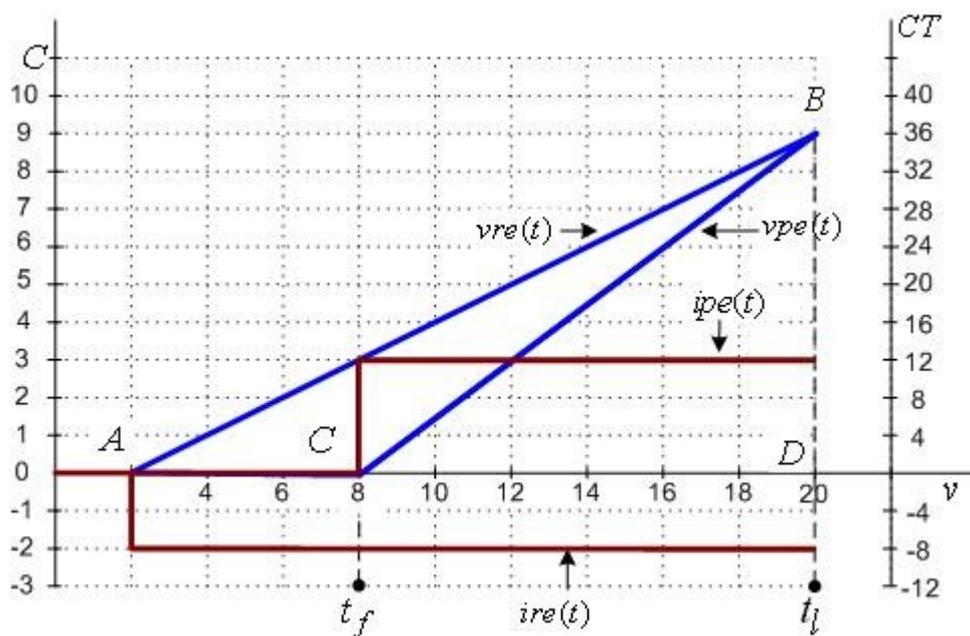


Рис.22 К определению показателя ресурсоемкости

Подставив вместо функций $ire^*(t) \cdot t$ и $ipe^*(t) \cdot t$ в выражениях (1, 2)

скалярные значения $ire^*[t_r] \cdot t_r$ и $ipe^*[t_p] \cdot t_p$, получим выражения

$$0 = ire^*[t_r] \cdot t_r - ire^*[t_l] \cdot t_l + C,$$

$$0 = ipe^*[t_p] \cdot t_p - ipe^*[t_l] \cdot t_l + C.$$

Представив их в виде системы уравнений и решив относительно C , получим выражение для определения высоты BD

$$BD = \frac{ire^*[t_r] \cdot ipe^*[t_p] \cdot t_r - ire^*[t_r] \cdot ipe^*[t_p] \cdot t_p}{ire^*[t_r] - ipe^*[t_p]}.$$

Поскольку ресурсоемкость сфокусированной операции мы определили как разность прямоугольных треугольников, выражение для ее определения будет иметь вид

$$R = \frac{1}{2}(t_l - t_{re}) \cdot BD - \frac{1}{2}(t_l - t_{pe}) \cdot BD.$$

Подставив вместо BD его значение из выражения после соответствующих преобразований, получим

$$R = \frac{ipe^*[t_p] \cdot ire^*[t_r] \cdot (t_r - t_p)^2}{2 \cdot (ipe^*[t_p] - ire^*[t_r])}.$$

Учитывая, что для фокусированных операций $ipe^*[t_p]$ численно равно значению PE , а $ire^*[t_r]$ численно равно значению RE , для определения численного значения t_l можно воспользоваться выражением, в котором используются значения сигналов регистрации и моменты их формирования

$$R = \frac{PE \cdot |RE| \cdot (t_r - t_p)^2}{2 \cdot (PE - RE)}.$$

Например, для рассматриваемой операции (рис. 10) получим

$$R = \frac{PE \cdot |RE| \cdot (t_r - t_p)^2}{2 \cdot (PE - |RE|)} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 36}{2} = 108 \text{ CTT}.$$

Величина ресурсоемкости фокусированной операции численно равна отношению произведения стоимостных оценок модуля значения входного продукта, значения выходного продукта и квадрата разности моментов их регистрации к удвоенной величине разности стоимостных оценок модуля значения входного и значения выходного продуктов.

Как видно, результаты, полученные с использованием численного метода, соответствуют результату, полученному с использованием аналитического выражения определения ресурсоемкости.

8. Потенциальный эффект операции

Как уже было отмечено, эффект от операции система начинает получать с момента логического ее завершения. До этого момента целевой поток только компенсирует потери, связанные проведением операции. Так как целевой поток является открытым потоком, а время получения эффекта, в общем случае, для нас не известно, есть возможность определить потенциальный эффект операции на единичном интервале. В таком допущении нет никаких ограничений. Так, мы оцениваем прибыль, полученную от различных операций, по величине, и нас совершенно не интересует, как эта прибыль будет в дальнейшем использоваться. То есть, нас интересует потенциальная возможность, которую дает прибыль, а не фактический результат ее использования, поскольку это уже другая операция.

Также понятно. Что структура выражения для потенциального эффекта операции должна соответствовать структуре выражения для ресурсоемкости. Поэтому потенциальный эффект операции (A) можно определить как ресурсоотдачу целевого потока на единичном интервале времени Δt с момента логического завершения операции.

Пусть $t_d = t_l + \Delta t$.

На примере фокусированной операции (рис. 23) рассмотрим шаги, которые необходимо осуществить для определения абсолютного потенциального эффекта операции.

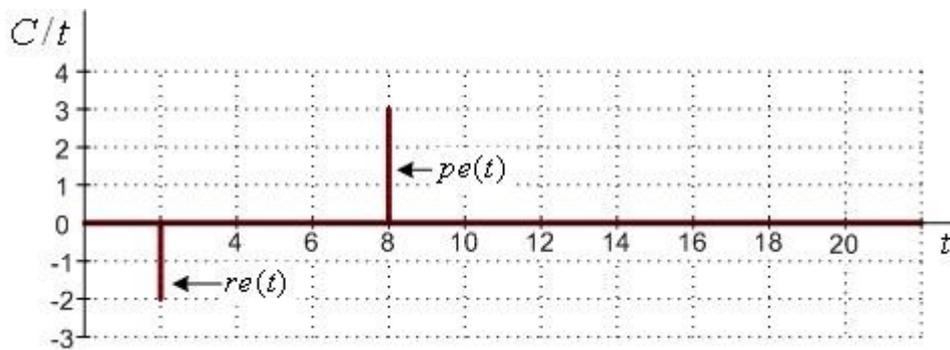


Рис. 23 Модель упрощенной приведенной операции

1. Определяем МЛЗО из выражения

$$t_l = \frac{PE \cdot t_p - |RE| \cdot t_r}{PE - |RE|} = 20 \text{ с.}$$

2. Определяем положение правой граничной точки области определения функции

$$t_d = t_l + \Delta t = 20 + 1 = 21 \text{ с.}$$

2. Вводим вспомогательные переменные ν , τ и определяем их

$$\nu \in [t_0; t_d]; \tau \in [t_l; t_d].$$

3. Строим однопотокую модель операции (рис.24)

$$ice(\nu) = \int_0^{\nu} pe(s) ds + \int_0^{\nu} re(s) ds, \text{ с.е.}$$

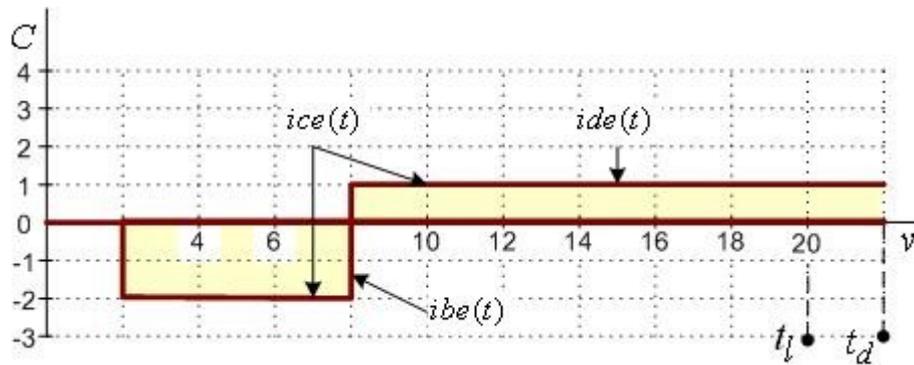


Рис. 24 Поточковая модель фокусированной операции

4. Определяем функцию $vde(\tau)$ на интервале $\tau \in [t_l; t_d]$ (рис. 25)

$$vde(\tau) = \int_{t_l}^{\tau} \left[\int_{t_0}^v pe(s) ds + \int_{t_0}^v re(s) ds \right] dv.$$

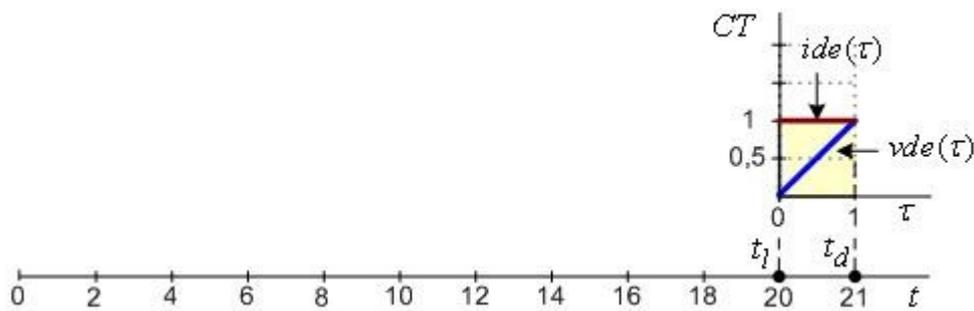


Рис. 25 Иллюстрация построения функции $vde(\tau)$

5. Определяем функцию $wde(\tau)$ на интервале $[t_l; t_d]$ (рис. 26)

$$wde(t) = \int_{t_l}^t \left(\int_{t_l}^{\tau} \left[\int_{t_0}^v pe(s) ds + \int_{t_0}^v re(s) ds \right] dv \right) d\tau.$$

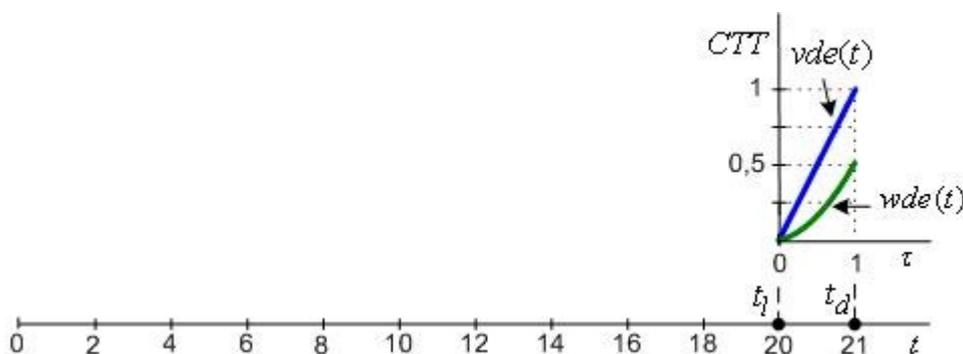


Рис. 26 Иллюстрация построения функции $wde(\tau)$

Потенциальный эффект операции ИС численно равен значению функции $wde(\tau)$ в момент времени t_d . Поэтому выражение для определения абсолютного потенциального эффекта операции, в случае векторного представления исходной модели, будет иметь вид

$$A = \int_{t_l}^{t_d} \left(\int_{t_l}^{\tau} \left[\int_{t_0}^v pe(s) ds + \int_{t_0}^v re(s) ds \right] dv \right) d\tau.$$

Исходя из геометрической интерпретации определения показателя абсолютного потенциального эффекта (АПЭ) (рис. 26), величину

результативной ресурсоотдачи, фокусированной операции, можно определить из выражения

$$A = \left[(ipe_i[t_i] - ire_i[t_i])(t_d - t_i)^2 \right] / 2,$$

или, перейдя к сигналам регистрации, получим

$$A = \left[(PE - RE)(t_d - t_i)^2 \right] / 2.$$

9. Показатель эффективности

Определение абсолютного потенциального эффекта и ресурсоемкости технологической операции позволяет перейти к получению показателя эффективности использования ресурсов как отношения $E = A/R$ [7].

Подставив вместо A и R соответствующие им интегральные выражения, получим

$$E = \frac{\int_{t_l}^{t_d} \left(\int_{\tau_0}^{\tau} \left[\int_{v_0}^v pe(s) ds - \int_{v_0}^v |re(s)| ds \right] dv \right) d\tau}{\int_{t_0}^{t_l} \left[\int_{v_0}^v \left| \int_{v_0}^v re(v) dv \right| dv - \int_{v_0}^v \left(\int_{v_0}^v pe(v) dv \right) dv \right] dv},$$

$$[v_0 = t_0; \tau_0 = t_l; v_d = t_d]; v \in [t_0, t_d]; \tau \in [t_l, t_d].$$

Для упрощенной приведенной операции показатель эффективности использования ресурсов получим в виде аналитического выражения

$$E = \frac{(PE - RE)^2 (t_d - t_l)^2}{PE \cdot RE \cdot (t_{pe} - t_{re})^2} = \frac{(PE - RE)^2 T_1^2}{PE \cdot RE \cdot T_{op}^2},$$

где $T_1 = t_d - t_l$; $T_{op} = t_{pe} - t_{re}$.

Рассмотрим, как показатель эффективности обеспечивает свое назначение – ориентира, на пути движения к цели.

Примем, что у нас есть два варианта операций. Предположим, что реализуя первый вариант, мы получаем циклически повторяющиеся операции с такими базовыми показателями: $RE=4$ ден. ед., $PE=7$ ден.ед., $T_{op}=7$ час (рис.27).

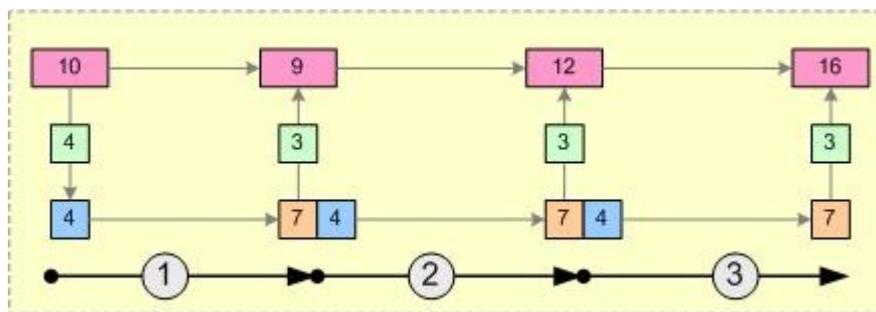


Рис. 27 Процесс формирования целевого продукта для первого управления

Как происходит процесс достижения цели путем осуществления операций? Верхний левый прямоугольник, это стоимостная оценка финансовых ресурсов операции. Таких ресурсов у нас 10 ден.ед. Поскольку для проведения операции необходимы ресурсы величиной 4 ден.ед., этот объем ресурсов передается для проведения первой операции, которая обозначена стрелочкой под номером 1.

Выполнение операции занимает 7 часов, и мы приняли, что стоимостная оценка продуктов операции составляет 7 единиц. Так как для проведения второй операции снова необходимо четыре единицы ресурса, оставшиеся три, мы передаем в склад целевого продукта.

В цикле у нас выполняется три операции, после чего можно определить величину абсолютного значения целевого продукта операции. Это 16 ден.ед. через 21 час работы.

Теперь изменяем выбор операции, и получаем цикл операций с новыми базовыми показателями: $RE=5$ ден. ед., $PE=7$ ден.ед., $Top=3$ час (рис.28).

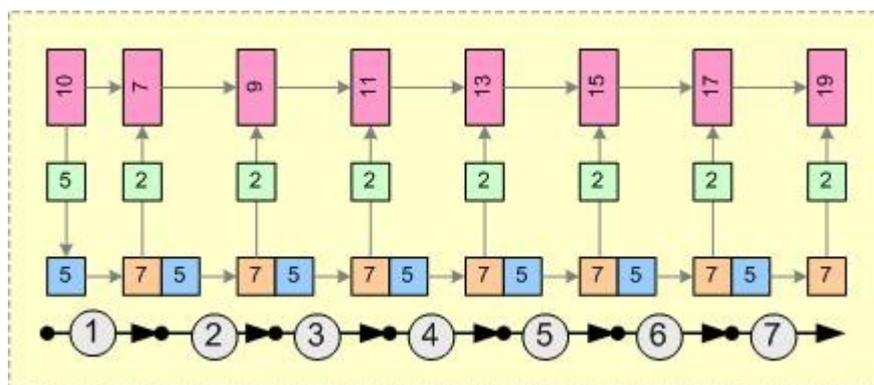


Рис. 28 Процесс формирования целевого продукта для второго управления

Прирост целевого продукта за время проведения одной операции здесь меньше – 2 ден.ед. Однако, и время операции короче. Как вы можете

видеть, к концу последней операции, через 21 час, мы получим 19 ден.ед. целевого продукта.

То есть, если у нас есть только два варианта проведения операций, то второй вариант предпочтительней. Поэтому управление по второму варианту и является оптимальным управлением.

Возникает вопрос: «Как, не осуществляя выполнения операций в цикле, сразу определить, какая операция выгоднее, а, соответственно, определить параметры более эффективной операции?».

В данном случае можно использовать аналитическое выражение формулы эффективности. Именно она связывает между собой три базовых показателя: стоимостную оценку входных продуктов операции (RE), стоимостную оценку выходных продуктов операции (PE) и время операции (T_{op}).

Подставив значения базовых показателей операций в формулу эффективности, получим значение $E=0.00656$ для первой операции, и $E=0.0127$ для второй операции.

Как видим, показатель эффективности сразу указал на то, что второй тип операций эффективней.

10. Расчет эффективности операций и проектов с использованием численных методов

Большинство задач связанных с расчетом эффективности операций и проектов, требуют учета распределения во времени движения входных и выходных продуктов. В связи с этим необходимо использование общего выражения для расчета эффективности. Решить эту задачу можно, используя численные методы.

Ввиду широкого распространения электронных таблиц, рассмотрим решение задачи определения эффективности, по общему выражению, операции используя среду Excel.

Используем поле (колонку) А, для того, чтобы отображать в ней модель временного ряда. Примем, что дискретный временной ряд мы будем обозначать символом “ n ”. Исключительно для того, чтобы продемонстрировать общность подхода как к решению разнообразных задач, интервал дискретизации выбран меньше единицы.

В колонку столбца «В» с обозначением « ge », вносим данные соответствующие движению входных продуктов операции в сопоставимых величинах, в колонку «С» с обозначением « pe », вносим

данные соответствующие движению входных продуктов операции в сопоставимых величинах (рис.29).

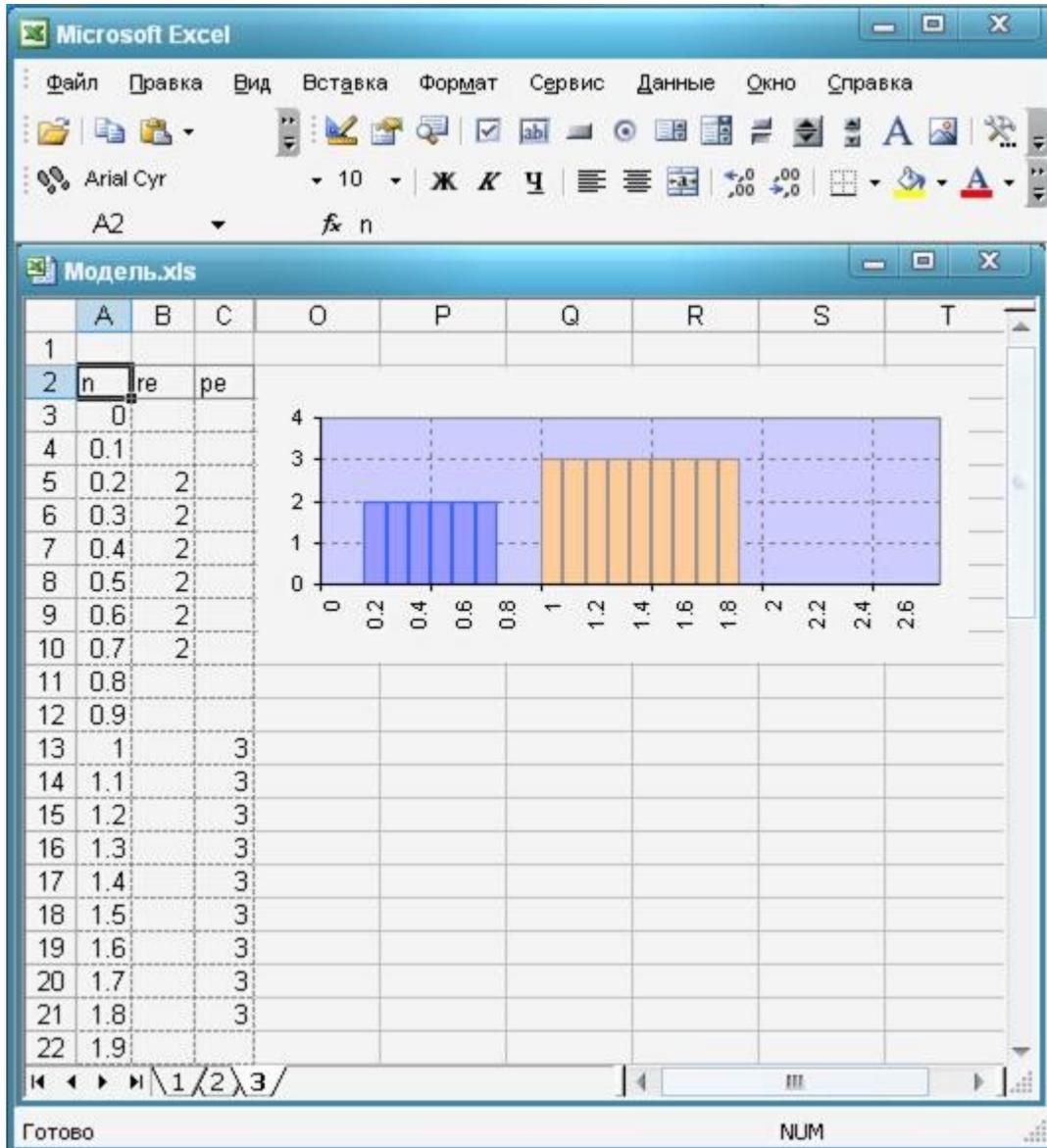


Рис.29 Пример регистрационной модели операции в дискретных координатах

Таким образом, сигналы в виде непрерывных функций $re(t)$ и $pe(t)$, мы заменили дискретными функциями $re[n]$ и $pe[n]$. Процесс интегрирования непрерывных функций, в дискретных системах заменяется построением кумулятивных временных рядов. Для построения функций $ire[n]$ и $ipe[n]$ воспользуемся рекуррентными выражениями

$$ire[n] = re[n] \cdot ([n] - [n - 1]) + ire[n - 1] \quad \text{и}$$
$$ipe[n] = pe[n] \cdot ([n] - [n - 1]) + ipe[n - 1].$$

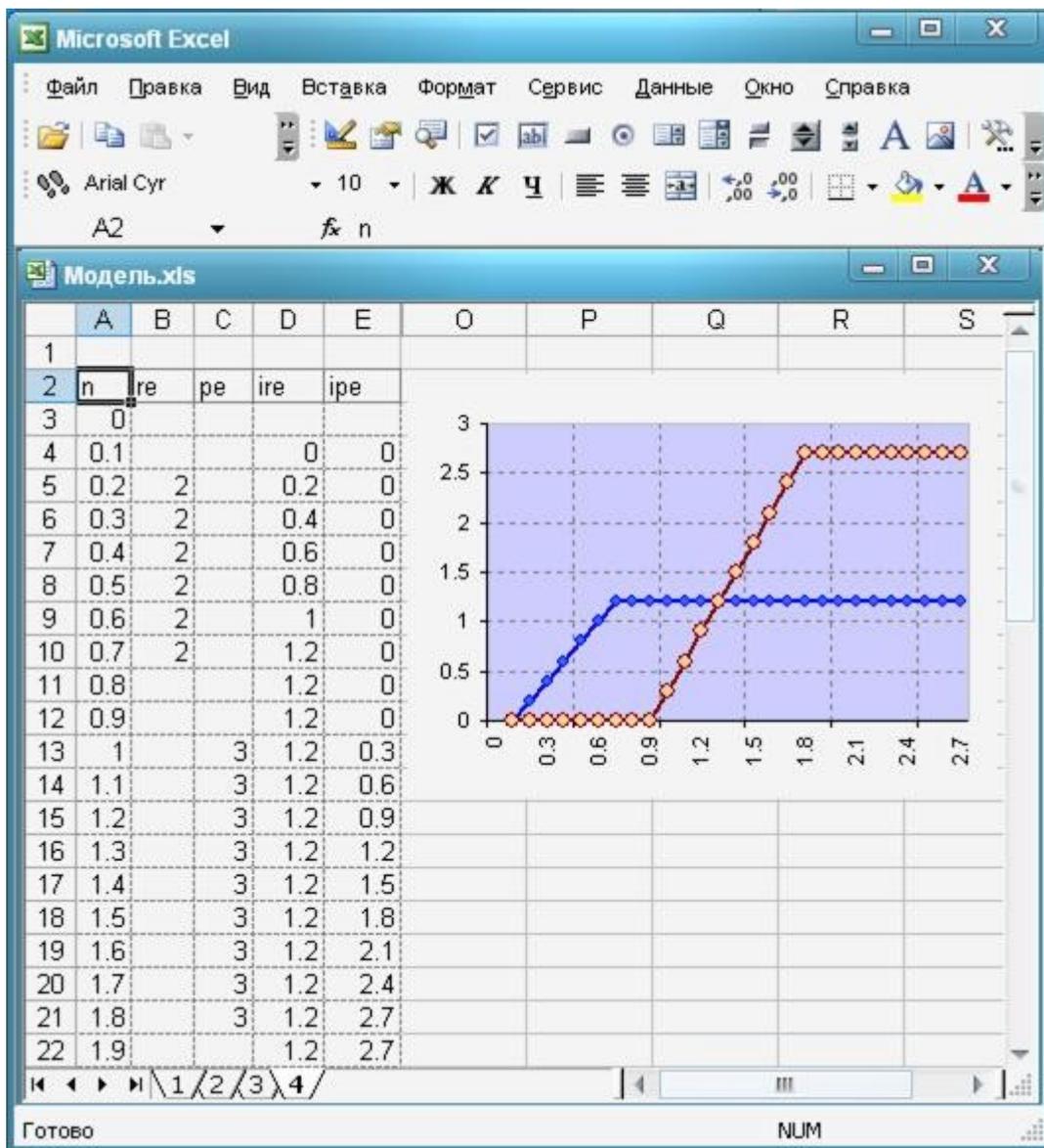
Как эти выражения будут выглядеть в ячейках таблицы Excel можно увидеть на рис.30.

	A	B	C	D	E
1					
2	n	re	pe	ire	ipe
3	0				
4	0.1			=B4*(A4-A3)+D3	=C4*(A4-A3)+E3
5	0.2			=B5*(A5-A4)+D4	=C5*(A5-A4)+E4
6	0.3			=B6*(A6-A5)+D5	=C6*(A6-A5)+E5
7	0.4			=B7*(A7-A6)+D6	=C7*(A7-A6)+E6
8	0.5			=B8*(A8-A7)+D7	=C8*(A8-A7)+E7
9	0.6			=B9*(A9-A8)+D8	=C9*(A9-A8)+E8
10	0.7	2		=B10*(A10-A9)+D9	=C10*(A10-A9)+E9
11	0.8	2		=B11*(A11-A10)+D10	=C11*(A11-A10)+E10
12	0.9	2		=B12*(A12-A11)+D11	=C12*(A12-A11)+E11
13	1	2		=B13*(A13-A12)+D12	=C13*(A13-A12)+E12
14	1.1	2		=B14*(A14-A13)+D13	=C14*(A14-A13)+E13
15	1.2	2		=B15*(A15-A14)+D14	=C15*(A15-A14)+E14
16	1.3			=B16*(A16-A15)+D15	=C16*(A16-A15)+E15
17	1.4			=B17*(A17-A16)+D16	=C17*(A17-A16)+E16
18	1.5			=B18*(A18-A17)+D17	=C18*(A18-A17)+E17
19	1.6			=B19*(A19-A18)+D18	=C19*(A19-A18)+E18
20	1.7			=B20*(A20-A19)+D19	=C20*(A20-A19)+E19
21	1.8			=B21*(A21-A20)+D20	=C21*(A21-A20)+E20
22	1.9		3	=B22*(A22-A21)+D21	=C22*(A22-A21)+E21

Рис.30 Использование рекуррентных выражений для определения потоков

$$ire[n] \text{ и } ipe[n]$$

После введения формул в ячейки таблицы, получим следующий результат (рис.31).

Рис.31 Результат определения функций $ire[n]$ и $ipe[n]$

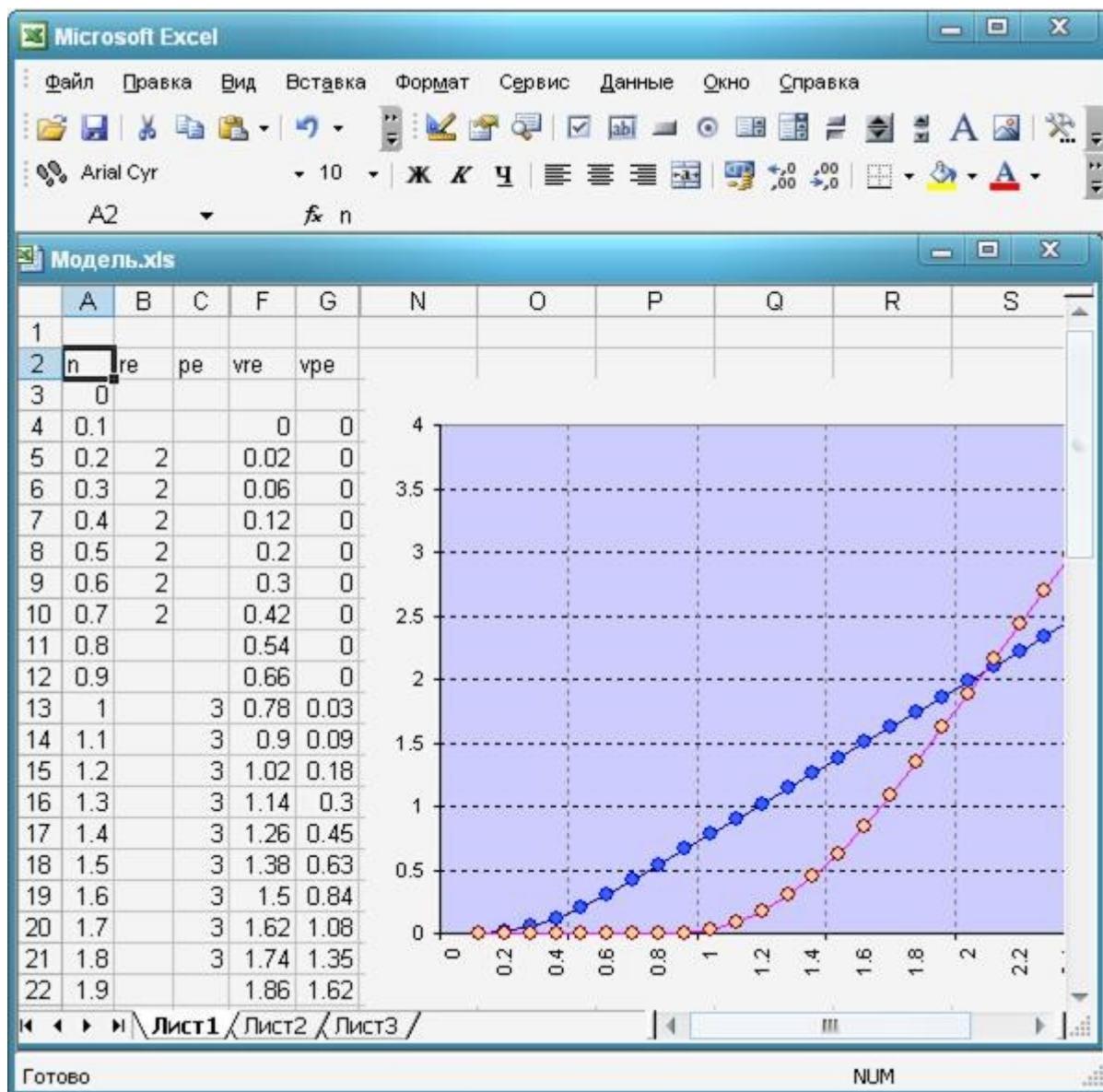
Сформировав потоки $ire[n]$ и $ipe[n]$, переходим к построению функций $vre[n]$ и $vpe[n]$, где $vre[n] = ire[n] \cdot ([n] - [n-1]) + vre[n-1]$, а $vpe[n] = ipe[n] \cdot ([n] - [n-1]) + vpe[n-1]$. Эти выражения будут выглядеть в ячейках таблицы Excel следующим образом (рис.32).

	A	B	C	F	G	H
1						
2	n	re	pe	vre	vpe	dif
3	0					
4	0.1			=D4*(A4-A3)+F3	=E4*(A4-A3)+G3	=ЕСЛИ(F4>=G
5	0.2	2		=D5*(A5-A4)+F4	=E5*(A5-A4)+G4	=ЕСЛИ(F5>=G
6	0.3	2		=D6*(A6-A5)+F5	=E6*(A6-A5)+G5	=ЕСЛИ(F6>=G
7	0.4	2		=D7*(A7-A6)+F6	=E7*(A7-A6)+G6	=ЕСЛИ(F7>=G
8	0.5	2		=D8*(A8-A7)+F7	=E8*(A8-A7)+G7	=ЕСЛИ(F8>=G
9	0.6	2		=D9*(A9-A8)+F8	=E9*(A9-A8)+G8	=ЕСЛИ(F9>=G
10	0.7	2		=D10*(A10-A9)+F9	=E10*(A10-A9)+G9	=ЕСЛИ(F10>=
11	0.8			=D11*(A11-A10)+F10	=E11*(A11-A10)+G10	=ЕСЛИ(F11>=
12	0.9			=D12*(A12-A11)+F11	=E12*(A12-A11)+G11	=ЕСЛИ(F12>=
13	1		3	=D13*(A13-A12)+F12	=E13*(A13-A12)+G12	=ЕСЛИ(F13>=
14	1.1		3	=D14*(A14-A13)+F13	=E14*(A14-A13)+G13	=ЕСЛИ(F14>=
15	1.2		3	=D15*(A15-A14)+F14	=E15*(A15-A14)+G14	=ЕСЛИ(F15>=
16	1.3		3	=D16*(A16-A15)+F15	=E16*(A16-A15)+G15	=ЕСЛИ(F16>=
17	1.4		3	=D17*(A17-A16)+F16	=E17*(A17-A16)+G16	=ЕСЛИ(F17>=
18	1.5		3	=D18*(A18-A17)+F17	=E18*(A18-A17)+G17	=ЕСЛИ(F18>=
19	1.6		3	=D19*(A19-A18)+F18	=E19*(A19-A18)+G18	=ЕСЛИ(F19>=
20	1.7		3	=D20*(A20-A19)+F19	=E20*(A20-A19)+G19	=ЕСЛИ(F20>=
21	1.8		3	=D21*(A21-A20)+F20	=E21*(A21-A20)+G20	=ЕСЛИ(F21>=
22	1.9			=D22*(A22-A21)+F21	=E22*(A22-A21)+G21	=ЕСЛИ(F22>=

Рис.32 Использование рекуррентных выражений для определения потоков

$$vre[n] \text{ и } vpe[n]$$

На рис.33 можно увидеть сформированные функции $vre[n]$ и $vpe[n]$.

Рис.33 Результат определения функций $vre[n]$ и $vpe[n]$

Для того чтобы сформировать функцию $dif[n]$, достаточно найти разность функций $vre[n]$ и $vpe[n]$ на участке, где значения $vre[n] \geq vpe[n]$. В свою очередь, процесс интегрирования функции $dif[n]$, осуществляется с использованием выражения $r[n] = dif[n] \cdot ([n] - [n-1]) + r[n-1]$. Как и ранее, ниже (рис. 34) приведены расчетные формулы

	A	H	I
1			
2	n	dif	r
3	0		
4	0.1	=ЕСЛИ(F4>=G4;F4-G4;0)	=H4*(A4-A3)+I3
5	0.2	=ЕСЛИ(F5>=G5;F5-G5;0)	=H5*(A5-A4)+I4
6	0.3	=ЕСЛИ(F6>=G6;F6-G6;0)	=H6*(A6-A5)+I5
7	0.4	=ЕСЛИ(F7>=G7;F7-G7;0)	=H7*(A7-A6)+I6
8	0.5	=ЕСЛИ(F8>=G8;F8-G8;0)	=H8*(A8-A7)+I7
9	0.6	=ЕСЛИ(F9>=G9;F9-G9;0)	=H9*(A9-A8)+I8
10	0.7	=ЕСЛИ(F10>=G10;F10-G10;0)	=H10*(A10-A9)+I9
11	0.8	=ЕСЛИ(F11>=G11;F11-G11;0)	=H11*(A11-A10)+I10
12	0.9	=ЕСЛИ(F12>=G12;F12-G12;0)	=H12*(A12-A11)+I11
13	1	=ЕСЛИ(F13>=G13;F13-G13;0)	=H13*(A13-A12)+I12
14	1.1	=ЕСЛИ(F14>=G14;F14-G14;0)	=H14*(A14-A13)+I13
15	1.2	=ЕСЛИ(F15>=G15;F15-G15;0)	=H15*(A15-A14)+I14
16	1.3	=ЕСЛИ(F16>=G16;F16-G16;0)	=H16*(A16-A15)+I15
17	1.4	=ЕСЛИ(F17>=G17;F17-G17;0)	=H17*(A17-A16)+I16
18	1.5	=ЕСЛИ(F18>=G18;F18-G18;0)	=H18*(A18-A17)+I17
19	1.6	=ЕСЛИ(F19>=G19;F19-G19;0)	=H19*(A19-A18)+I18
20	1.7	=ЕСЛИ(F20>=G20;F20-G20;0)	=H20*(A20-A19)+I19
21	1.8	=ЕСЛИ(F21>=G21;F21-G21;0)	=H21*(A21-A20)+I20
22	1.9	=ЕСЛИ(F22>=G22;F22-G22;0)	=H22*(A22-A21)+I21

Рис.34 Использование рекуррентных выражений для определения

функций $dif[n]$ и $r[n]$

Сама функция рассогласования $dif[n]$ и текущее значение ресурсоемкости операции $r[n]$ изображены на рис. 35.

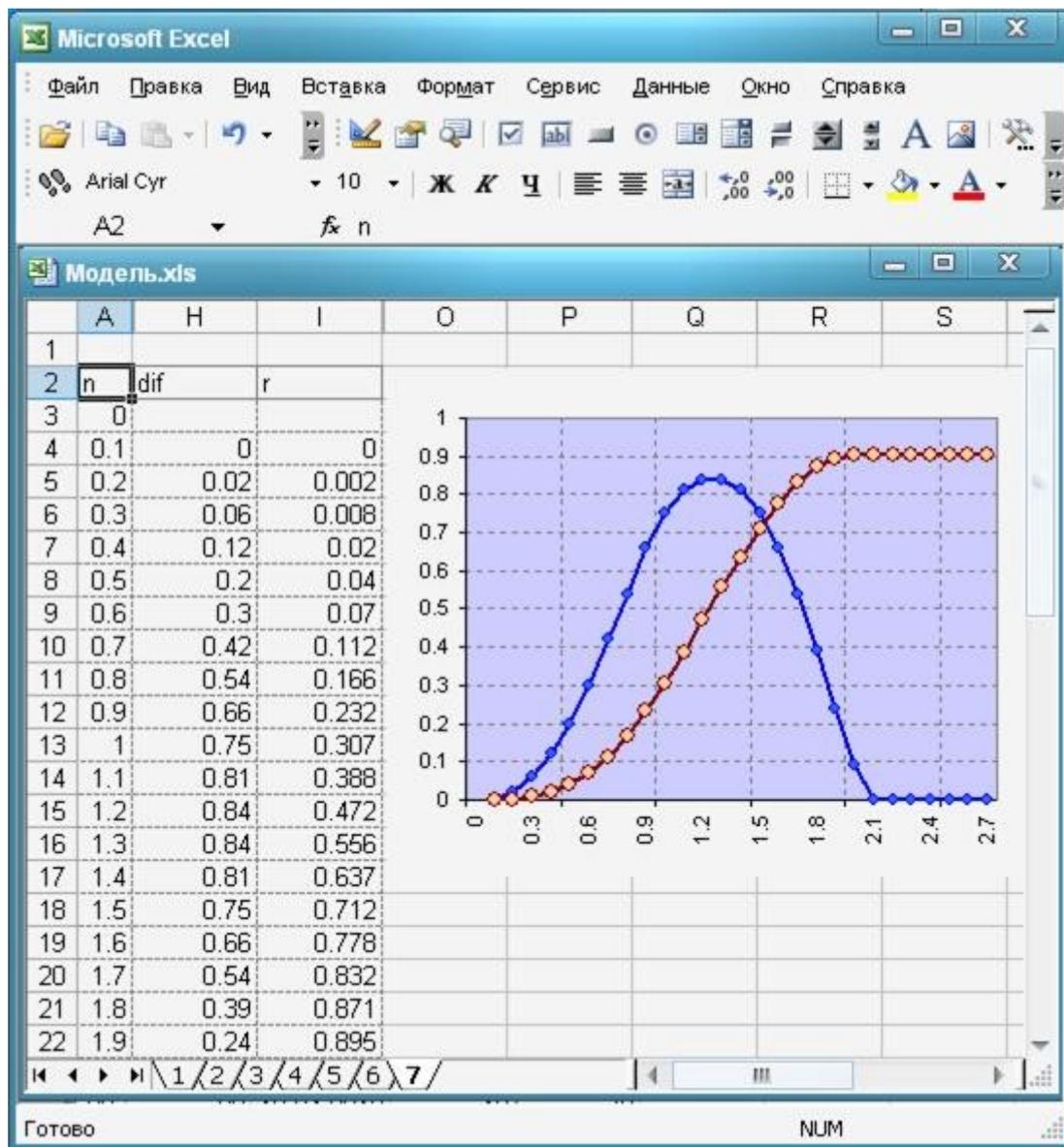


Рис.35 Результат определения функции рассогласования $dif[n]$ и текущей величины ресурсоемкости $r[n]$

На следующем шаге определяем момент логического завершения операции, по равенству дискретных функций $vre[n]$ и $vpe[n]$. Для этого построен вспомогательный ряд «дор». Принцип его построения отображают встроенное в этот ряд простое логическое выражение

(рис.36). Определение момента логического завершения операции, значения ресурсоемкости, потенциального эффекта и эффективности, теперь чисто техническая задача.

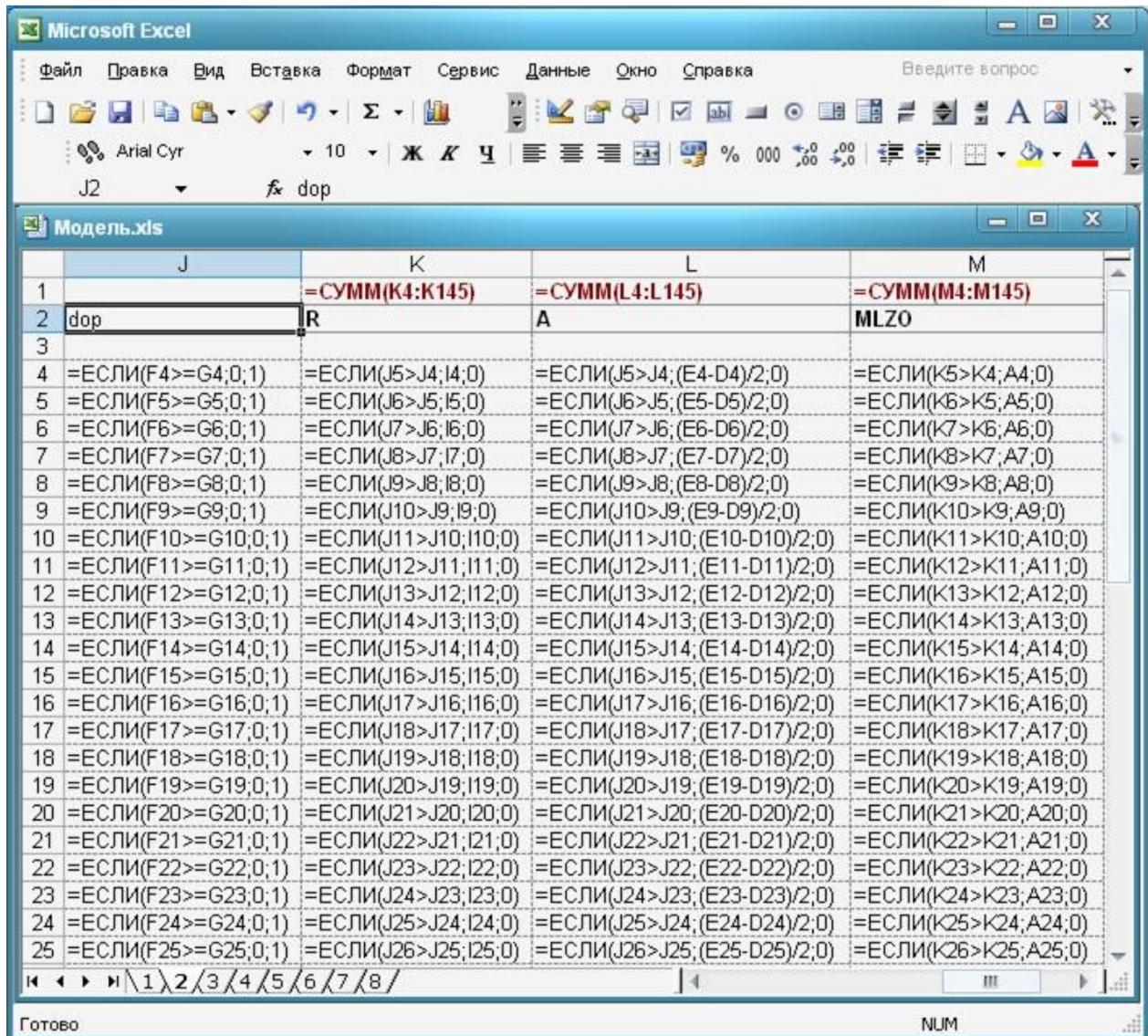


Рис.36 Принцип формирования выражений для определения значений R, A и MLZO

Поскольку вспомогательный ряд меняет свой уровень в момент логического завершения операции, для определения (выделения) значения

МЛЗО необходимо просто перенести его значение в поле «М» строки 23. Точно также, переносом из ряда $r[n]$ выделяется значение ресурсоемкости.

Так как потенциальный эффект операции определяется на единичном интервале времени, начиная с МЛЗО, для того чтобы получить его численное значение, необходимо в этот момент определить величины потоков $ipe[23]$, $ire[23]$ и их разность поделить пополам.

Поскольку эффективность определяется отношением потенциального эффекта к ресурсоемкости, задачу определения эффективности можно считать завершенной (рис.37).

	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1						0.904	0.75	2	0.829646
2	vre	type	dif	r	dop	R	A	MLZO	E
3									
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.02	0	0.02	0.002	0	0	0	0	0
6	0.06	0	0.06	0.008	0	0	0	0	0
7	0.12	0	0.12	0.02	0	0	0	0	0
8	0.2	0	0.2	0.04	0	0	0	0	0
9	0.3	0	0.3	0.07	0	0	0	0	0
10	0.42	0	0.42	0.112	0	0	0	0	0
11	0.54	0	0.54	0.166	0	0	0	0	0
12	0.66	0	0.66	0.232	0	0	0	0	0
13	0.78	0.03	0.75	0.307	0	0	0	0	0
14	0.9	0.09	0.81	0.388	0	0	0	0	0
15	1.02	0.18	0.84	0.472	0	0	0	0	0
16	1.14	0.3	0.84	0.556	0	0	0	0	0
17	1.26	0.45	0.81	0.637	0	0	0	0	0
18	1.38	0.63	0.75	0.712	0	0	0	0	0
19	1.5	0.84	0.66	0.778	0	0	0	0	0
20	1.62	1.08	0.54	0.832	0	0	0	0	0
21	1.74	1.35	0.39	0.871	0	0	0	0	0
22	1.86	1.62	0.24	0.895	0	0	0	0	0
23	1.98	1.89	0.09	0.904	0	0.904	0.75	2	
24	2.1	2.16	0	0.904	1	0	0	0	0
25	2.22	2.43	0	0.904	1	0	0	0	0

Рис. 37 Результат определения показателей приведенной операции в таблице Excel

Теперь, изменяя значения временных рядов $re[n]$ и $pe[n]$, будем автоматически получать значения R, A, MLZO и E.

При желании можно получить программу расчета эффективности в среде Excel, обратившись к автору по адресу: «delo-do@i.ua»

Источники

1. *Барский Л.А., Козин В.З.* Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. М.: Недра, 1978, с.25
2. Стандарт 9001
3. *Луценко, И. А.* Оптимальное управление технологическими процессами многопродуктовой переработки сырья по критерию эффективности использования ресурсов [Текст] : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.13.07 / И. А. Луценко ; [Криворожский технический университет МОН Украины]. — Кривой Рог., 2007. — 36 с.
4. Регистрационная модель операции [Электронный ресурс] — Режим доступа : \WWW/ URL: <http://delo-do.com.ua/step3/step3-1.html> — 19.12.2011 г. — Загл. с экрана.
5. *Луценко И.А.* Аналитическое определение момента логического завершения операции [Текст] / И.А. Луценко // Вісник Криворізького технічного університету. – 2005. – випуск 6. – С. 182-185
6. *Луценко И.А.* Математическое определение показателя ресурсоемкости технологической операции//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 3/3(221).- 2006. - С. 58-60.

7. Спосіб селекції об'єктів [Текст]: Пат. 59203 Україна: МКИ G06K 9/00
Луценко І.А.,: заявитель и патентообладатель Луценко І.А. -
№20021210028; заявл. 12.12.2002; опубл. 15.11.2005, Бюл.№ 11. - 3с.

