

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ

Кузнецов С.В. (svk@rao.nornik.ru)(1), Ириков И.В.(2)

(1) кафедра Инновационного менеджмента МФТИ,

(2) ИПУ РАН

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ.	1443
1. МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ОБОРОТНОГО КАПИТАЛА БИЗНЕС-ЕДИНИЦЫ.	1444
1.1. Понятие оборотного капитала.	1444
1.2. Зависимость прибыли бизнес- единицы от величины оборотного капитала.	1445
1.3. Зависимость рентабельности оборотного капитала бизнес- единицы от величины ее оборотного капитала.	1449
1.4. Динамика величины оборотного капитала изолированной бизнес- единицы.	1451
2. ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ.	1454
2.1. Описание модели.	1454
2.2. «Безбуферная» технология. Максимизация рентабельности оборотного капитала бизнес- единицы.	1457
2.3. Алгоритм максимальной загрузки каналов (технология с использованием буфера). Максимизация прибыли бизнес- единицы.	1457
3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ.	1463
4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ.	1463
5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.	1464

Введение.

Целью данной работы является построение математических моделей, разработка методов и технологий, определение критериев, позволяющих оптимизировать финансовые потоки многоуровневой организации (в частном случае - производственного предприятия).

Под задачей оптимизации финансовых потоков понимается задача распределения платежных средств предприятия в динамике с целью повышения финансово-экономической эффективности. Критериями эффективности служат:

- прирост собственных средств (богатства) предприятия за определенный период времени,
- повышение объема продаж (доли рынка),
- повышение финансовой устойчивости (обеспеченности собственными средствами),
- эффективность использования имеющихся средств,
- деловая репутация (исполнение обязательств перед поставщиками и покупателями),
- максимальное использование производственных мощностей,
- а также другие критерии и (или) их сочетания.

В работе использован метод выделения так называемых бизнес - единиц (business units), в которых совершается полный цикл оборота денег.

В первой части работы (раздел 1) построена сравнительно простая математическая модель движения оборотного капитала (собственных оборотных средств) бизнес - единицы, позволяющая описать картину движения финансовых потоков в терминах агрегированных показателей - структуры и рентабельности оборотного капитала (отдачи на вложенный оборотный капитал). Описаны свойства модели, изучена зависимость прибыли от величины вложенного оборотного капитала, динамика оборотного капитала изолированной бизнес - единицы. Предложен ряд мер, увеличивающих рентабельность оборотного капитала, и методы оценки эффективности этих мер.

Во второй части работы (раздел 2) предложенная математическая модель детализирована и дополнена. Это позволило перейти от агрегированных показателей к показателям собственно финансовых потоков, то есть суммам и срокам поступлений и платежей. Предложены 2 алгоритма управления финансовыми потоками. Подробно описаны свойства обоих алгоритмов и методика их применения. Первый алгоритм позволяет максимизировать рентабельность оборотного капитала бизнес- единиц. Данный алгоритм достаточно прост и может быть использован на практике без применения вычислительной техники. Второй алгоритм, являющийся логическим продолжением первого, позволяет максимизировать прибыль бизнес- единиц (получить дополнительную прибыль по сравнению с первым алгоритмом в случае изменяющихся внешних условий).

Следует отметить, что все рассмотренные модели имеют четкую интерпретацию на практике и оперируют с обобщенными аналогами общепринятых финансово-экономических показателей. Между параметрами моделей и общепринятыми показателями существует строгое взаимно-однозначное соответствие, что позволяет применять полученные результаты в реальной жизни без дополнительных процедур трансформации показателей.

В работе используется трехуровневая структура модели предприятия (рис. 1).

В целях принятия решений по управлению финансовыми потоками в первую очередь необходимо выделить так называемых бизнес-единиц (business units), в которых осуществляется полный цикл оборота денег. Бизнес - единицы составляют нижний (третий) уровень рассматриваемой модели. Можно считать, что 100% притока финансов (и, соответственно, прибыли) обеспечивают только элементы нижнего уровня, они же определяют 100% прямых переменных (пропорциональных объему выпуска) затрат.

На втором уровне - уровне подразделений - добавляются платежи в счет постоянных затрат данного подразделения.

На первом (верхнем) уровне - уровне предприятия - добавляются платежи в счет постоянных затрат предприятия в целом.

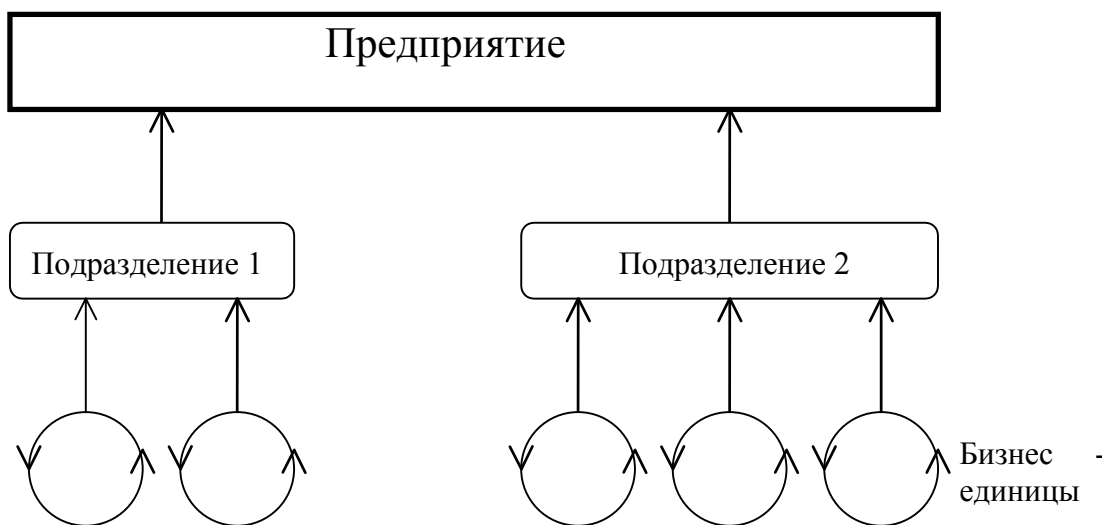


Рис. 1

1. Модель движения оборотного капитала бизнес-единицы.

1.1. Понятие оборотного капитала.

В финансовом менеджменте традиционным является разделение активов предприятия на внеоборотные (основные средства и нематериальные активы) и оборотные (обеспечивающие текущую деятельность: платежные средства, запасы, дебиторская задолженность). Оборотные активы, в свою очередь, могут финансироваться как за счет привлеченных заемных средств, так и за счет собственных средств. Часть оборотных активов, финансируемая за счет собственных средств, называется оборотным капиталом (Working Capital - WC). Отношение прибыли предприятия к величине оборотного капитала, которое назовем рентабельностью оборотного капитала, является важнейшей характеристикой эффективности работы предприятия в краткосрочном и среднесрочном периоде. Действительно, оборотный капитал предприятия характеризуется высокой ликвидностью (по сравнению с внеоборотными активами), то есть может быть выведен из данной бизнес- единицы и направлен в иные, более доходные сферы вложений в относительно короткий срок (за время порядка длительности финансового цикла бизнес- единицы). Поэтому в кратко- и среднесрочном периоде может быть получен значительный экономический эффект за счет применения оптимальных механизмов управления оборотным капиталом.

В данной работе предпринята попытка математически смоделировать и описать движение оборотного капитала (оборот денег) бизнес - единицы, а также некоторые наиболее характерные закономерности, определяющие структуру и динамику оборотного капитала. Исследуется зависимость прибыли и рентабельности оборотного капитала от величины оборотного капитала, анализируются некоторые меры по повышению финансово-экономической эффективности без привлечения дополнительных средств.

1.2. Зависимость прибыли бизнес- единицы от величины оборотного капитала.

Рассмотрим наиболее общую модель движения оборотного капитала бизнес- единицы (рис.1.1).

Символами K1-K5 обозначены основные компоненты оборотного капитала, символами V1-V5 - потоки капитала между указанными компонентами.

Величина оборотного капитала бизнес- единицы равна:

$$WC = K1+K2+K3+K4+K5$$

Движение капитала в этой модели можно условно разбить на 2 части: связанную с текущей деятельностью (потоки V1-V5) и движение капитала между бизнес- единицей и подразделением, к которому она относится (потоки V₊ и V₋).

Как правило, бизнес- единица не может существовать обособленно. Для ее функционирования требуется инфраструктура на уровне подразделения и предприятия в целом. Поддержание такой инфраструктуры требует расходов, величина которых примерно постоянна. Часть указанных расходов, связанная с обеспечением деятельности рассматриваемой бизнес- единицы, обозначена символом FC.

В этом случае прибыль PI бизнес- единицы (образующаяся за определенный период времени как результат ее текущей деятельности) может быть определена следующим образом:

$$PI = \Delta WC + V_- - V_+ - FC$$

Одновременно вводится понятие маржинальной прибыли, или прибыли без учета постоянных затрат:

$$MPI = \Delta WC + V_- - V_+$$

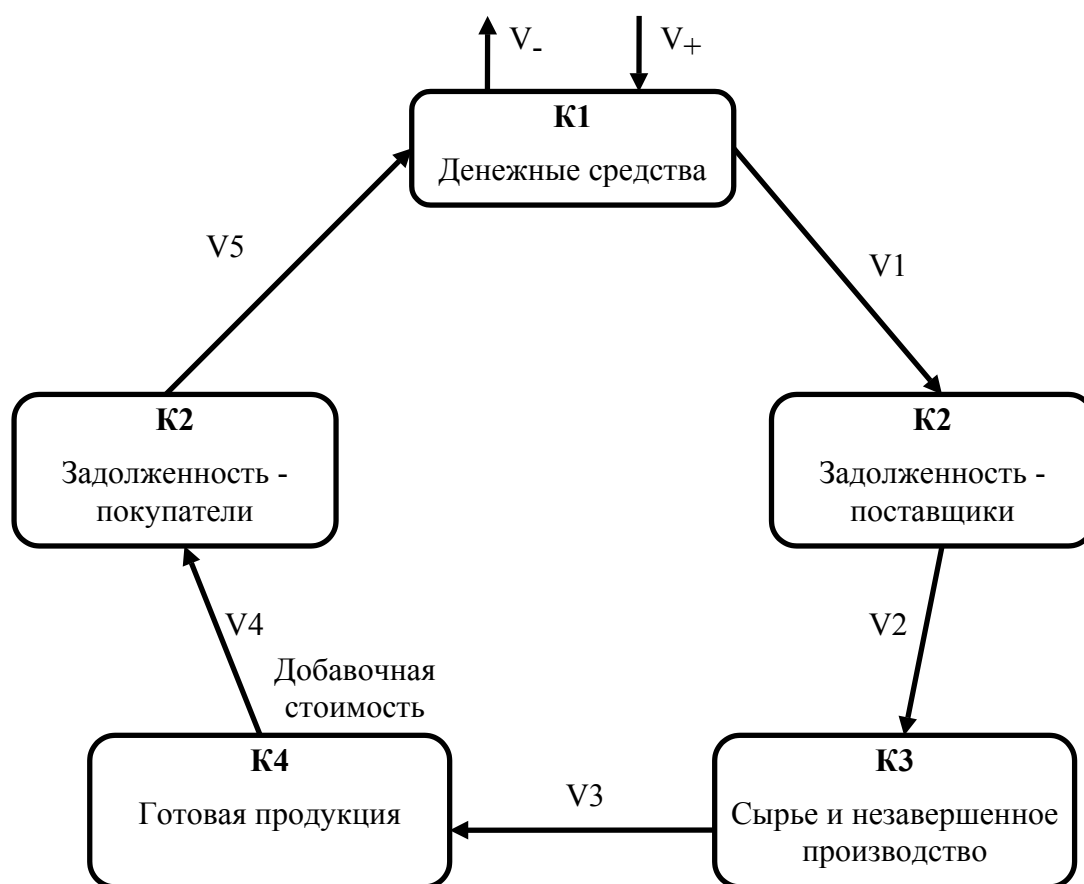


Рис.1.1

Движение оборотного капитала описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned}
 K_1^t &= K_1^{t-1} + V_5^t - V_1^t + V_+^t - V_-^t \\
 K_2^t &= K_2^{t-1} + V_1^t - V_2^t \\
 K_3^t &= K_3^{t-1} + V_2^t - V_3^t \\
 K_4^t &= K_4^{t-1} + V_3^t - V_4^t * (c^t/p^t) \\
 K_5^t &= K_5^{t-1} + V_4^t - V_5^t
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

Нижний индекс является обозначением компонент и потоков оборотного капитала в соответствии с Рис.1.1, верхний индекс - обозначением периода времени

Символом c обозначены прямые переменные затраты на производство единицы продукции, символом p - цена единицы продукции. Ниже также будет использовано понятие маржинальной рентабельности бизнес- единицы:

$$r = (p-c)/c$$

(Маржинальная рентабельность - это отношение маржинальной прибыли, то есть разности между ценой и переменными затратами, к величине переменных затрат).

Если маржинальная рентабельность бизнес- единицы не меняется во времени, то маржинальная прибыль бизнес- единицы может посчитана как произведение маржинальной рентабельности на количество капитала, совершившее полный цикл оборота.

Четвертое уравнение системы (1.1) отличается от остальных, поскольку на этапе отгрузки готовой продукции (поток V_4) образуется добавочная стоимость. Для определенности величина потока V_3 и компоненты оборотного капитала K_4 рассчитывается исходя из количества продукции в натуральном выражении Q и себестоимости единицы продукции c по формуле $Q \cdot c$, а величина потока реализованной продукции V_4 - исходя из отпускной цены продукции по формуле $Q \cdot p$.

Компоненты оборотного капитала, обозначенные K_2 и K_5 , названы «Задолженность-поставщики» и «Задолженность-покупатели». Это указывает на то, что задолженность может быть как бизнес- единицы перед внешними контрагентами (в этом случае соответствующая компонента оборотного капитала отрицательна), так и внешних контрагентов перед бизнес- единицей.

Из физической природы компонент оборотного капитала следует система ограничений снизу на значения указанных компонент:

$$\begin{aligned} K_1^t &\geq 0 \\ K_2^t &\geq a_1 \\ K_3^t &\geq 0 \\ K_4^t &\geq 0 \\ K_5^t &\geq a_2 \end{aligned} \tag{1.2}$$

, где a_1 и a_2 - некоторые константы. Содержательно это означает, что задолженность подразделения перед поставщиками и покупателями не может превышать некоторого предела, поскольку с ростом задолженности резко возрастает риск невозможности расплатиться по собственным обязательствам и, следовательно, вероятность банкротства.

Назовем систему (1.1) устойчивой, если при сохраняющихся значениях потоков V_1 - V_5 и условии $V_- - V_+ > FC$ (бизнес- единица покрывает связанные с ней постоянные затраты) система продолжает существовать неограниченно долго.

Утверждение 1.1 (необходимое условие устойчивости системы (1.1)).

Для того, чтобы система (1.1) была устойчивой, необходимо, чтобы для всех компонент оборотного капитала сумма входящих потоков была больше суммы выходящих потоков:

$$V_5^t + V_+^t \geq V_1^t + V_-^t$$

$$\begin{aligned}
 V_1^t &\geq V_2^t \\
 V_2^t &\geq V_3^t \\
 V_3^t &\geq V_4^t * (c/p^t) \\
 V_4^t &\geq V_5^t
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

Утверждение 1.2 (достаточное условие устойчивости системы (1.1)).

Для того, чтобы система (1.1) была устойчивой, необходимо, чтобы она удовлетворяла следующей системе уравнений:

$$\begin{aligned}
 V_5^t + V_+^t &= V_1^t + V_-^t \\
 V_1^t &= V_2^t \\
 V_2^t &= V_3^t \\
 V_3^t &= V_4^t * (c/p) \\
 V_4^t &= V_5^t \\
 c &= \text{const} \\
 p &= \text{const} \\
 V_- - V_+ &\geq FC
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

Первые 5 уравнений системы (1.4) означают равенство сумм входящих и выходящих потоков для каждой из компонент оборотного капитала.

Утверждение 1.3.

Если система (1.1) является устойчивой, она продолжает оставаться устойчивой при пропорциональном (в одно и то же число раз) увеличении потоков V_1 - V_5 .

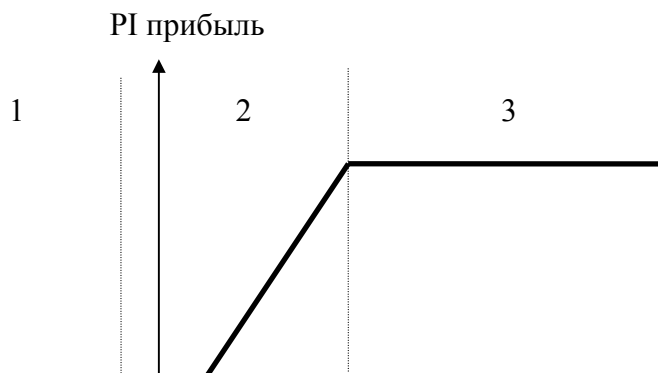
Для удобства в модели вводится предположение о постоянной величине оборотного капитала ($WC = \text{const}$), которое обеспечивается соответствующими значениями потоков V_+ и V_- .

В этом случае прибыль бизнес- единицы может быть определена как:

$$PI = V_- - V_+ - FC$$

Утверждение 1.4.

Зависимость прибыли бизнес- единицы (за определенный период времени) от величины ее оборотного капитала имеет вид, представленный на Рис.1.2. При этом зависимость в области 2 носит линейный характер.



Ниже проведена сравнительная оценка способов повышения эффективности работы бизнес- единицы путем оптимизации структуры оборотного капитала.

В некоторых случаях бизнес- единица имеет возможность существенно увеличить прибыль за счет оптимального перераспределения имеющегося оборотного капитала между компонентами К2, К3 и К5. Для этого необходимо сопоставить коэффициенты пропорциональности между величиной прибыли и величиной компонентов К2, К3 и К5. Действительно:

$$\frac{dPI}{dK3} = \frac{(p - c)}{c * T_{\text{произв}}} \quad (1.5)$$

$$\frac{dPI}{dK2} = r1 \quad (1.6)$$

$$\frac{dPI}{dK5} = r2 \quad (1.7)$$

По результатам сопоставления необходимо увеличить долю той компоненты оборотного капитала, от которой прибыль зависит в наибольшей степени.

Содержательно указанный алгоритм может быть интерпретирован как сопоставление доходности вложений в производство, в кредитование поставщиков либо в кредитование покупателей.

Значительный эффект также может быть достигнут за счет сокращения длительности производственного цикла (при постоянной величине производственных запасов). Из следует:

$$\frac{dPI}{dT_{\text{произв}}} = -\left(\frac{p - c}{c}\right) * \frac{K3}{T_{\text{произв}}^2} \quad (1.8)$$

Из (1.8) следует, что эффект от сокращения длительности производственного цикла увеличивается с ростом производственных запасов и с сокращением собственно длительности производственного цикла.

1.3. Зависимость рентабельности оборотного капитала бизнес- единицы от величины ее оборотного капитала.

Определив вид зависимости прибыли бизнес- единицы от величины ее оборотного капитала $PI(WC)$, возможно определить вид зависимости показателя эффективной доходности вложений в данную бизнес- единицу - рентабельности оборотного капитала подразделения - от величины оборотного капитала, т.е. зависимость $RWC = \frac{PI(WC)}{WC}$.

Общий вид указанной зависимости можно определить, заметив, что на Рис. 1.2 рентабельность оборотного капитала в некоторой точке численно равна тангенсу угла наклона, проведенного в данную точку из начала координат.

Для более точного определения вида данной зависимости необходимо исследовать ее аналитически.

В областях 1 и 3 (Рис. 1.2) прибыль не зависит от величины оборотного капитала:

$$PI = \alpha ; RWC = \frac{\alpha}{WC}, \text{ где } \alpha - \text{некоторая константа.}$$

В области 2 наблюдается линейная зависимость прибыли от величины оборотного капитала:

$$PI = \beta + \chi WC ; RWC = \frac{\beta}{WC} + \chi ; \chi > 0, \text{ где } \beta, \chi - \text{константы.}$$

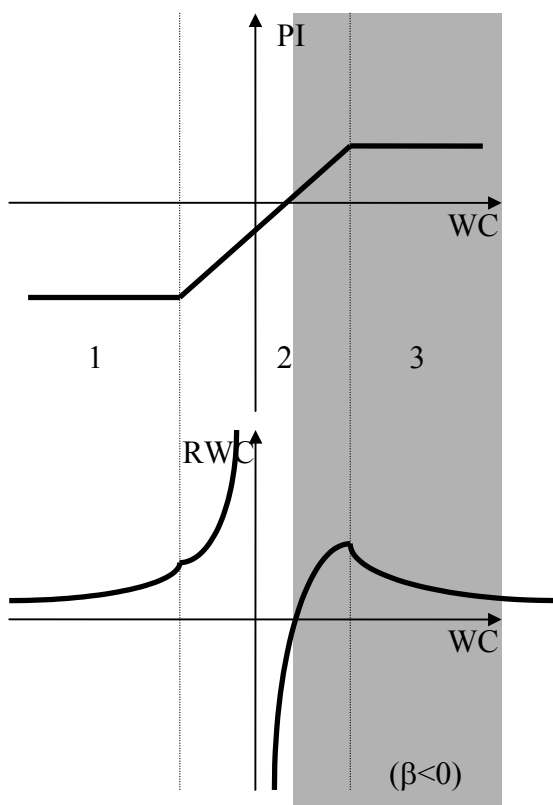


Рис.1.3а

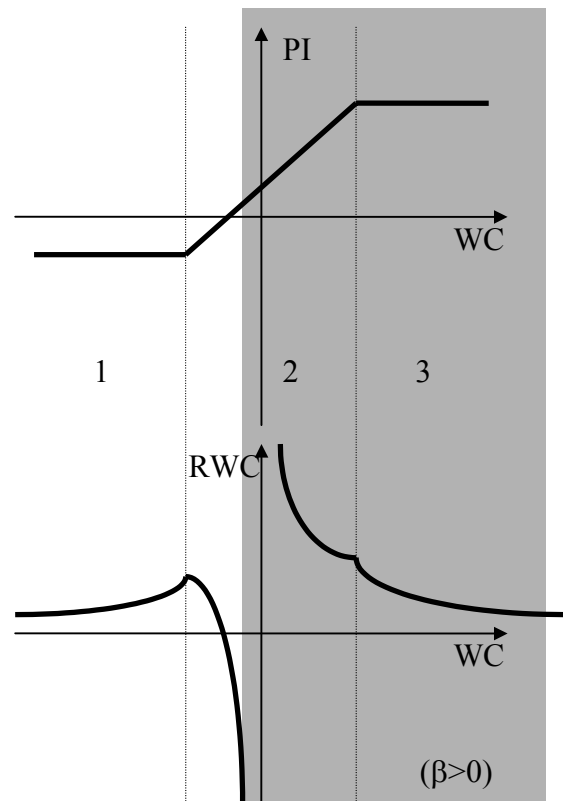


Рис.1.3б

Графически данная зависимость представлена на рис. 1.3 На практике интересны только те значения оборотного капитала WC , при которых бизнес- единица приносит прибыль (закрашенная область на Рис. 1.3).

1.4. Динамика величины оборотного капитала изолированной бизнес- единицы.

Определим понятие изолированной бизнес- единицы как бизнес- единицы, у которой сальдо потока между ней и подразделением равно величине ее постоянных затрат (иными словами, вся полученная прибыль остается в бизнес- единице:

$$V_- - V_+ = FC$$

Следовательно, увеличение (уменьшение) оборотного капитала изолированной бизнес- единицы за заданный период равно сумме полученной прибыли (убытка) за тот же период:

$$\frac{dWC}{dt} = PI \quad (1.8)$$

Динамика оборотного капитала изолированной бизнес- единицы определяется только зависимостью прибыли от величины оборотного капитала и начальными условиями.

Зависимость величины оборотного капитала от времени в областях 1 и 3 (Рис. 1.2) носит линейный характер.

В области 2 (Рис. 1.2) зависимость прибыли от величины оборотного капитала линейна:

$$PI = \beta + \chi * WC \quad (1.9)$$

где β - прибыль при нулевой величине оборотного капитала. Здесь и далее рассматривается наиболее распространенный случай $\beta < 0$.

χ - маржинальная рентабельность оборотного капитала - прирост прибыли при увеличении оборотного капитала на единицу, на Рис. 1.2 соответствующая тангенсу угла наклона зависимости прибыли от величины оборотного капитала к оси абсцисс. Как следует, для производственной бизнес- единицы с оптимальной (то есть обеспечивающей максимум прибыли) структурой оборотного капитала:

$$\chi = \frac{(p - c)}{c * T_{\text{произв}}} = \frac{\text{Маржинальная рентабельность}}{\text{длительность производственного цикла}}$$

При этом:

$$WC = (WC_0 + \frac{\beta}{\chi}) * e^{\chi t} - \frac{\beta}{\chi} \quad (1.10)$$

Из (1.10) следует, что зависимость величины оборотного капитала от времени в области 2 (Рис. 1.2) носит экспоненциальный характер, причем показателем экспоненты является маржинальная рентабельность оборотного капитала.

Используя (1.10), возможно построить семейство зависимостей величины оборотного капитала от времени (элементы семейства отличаются друг от друга величиной начального оборотного капитала, Рис. 1.4).

На Рис. 1.4 символами WC_{1-2} и WC_{2-3} обозначены значения оборотного капитала, соответствующие границам областей 1 и 2 и областей 2 и 3 на Рис. 1.2. На указанных границах характер зависимости величины оборотного капитала от времени меняется с линейной на экспоненциальную (граница 1-2) и с экспоненциальной на линейную (граница 2-3).

Как следует из (1.10) и Рис. 1.4, если начальное значение величины оборотного капитала лежит в области 2, то со временем величина оборотного капитала будет увеличиваться (или уменьшаться, если подразделение убыточно) по экспоненте и достигнет границы областей 2 и 3 (областей 1 и 2) тем быстрее, чем выше маржинальная рентабельность оборотного капитала и чем ближе начальная величина оборотного капитала к указанным границам.

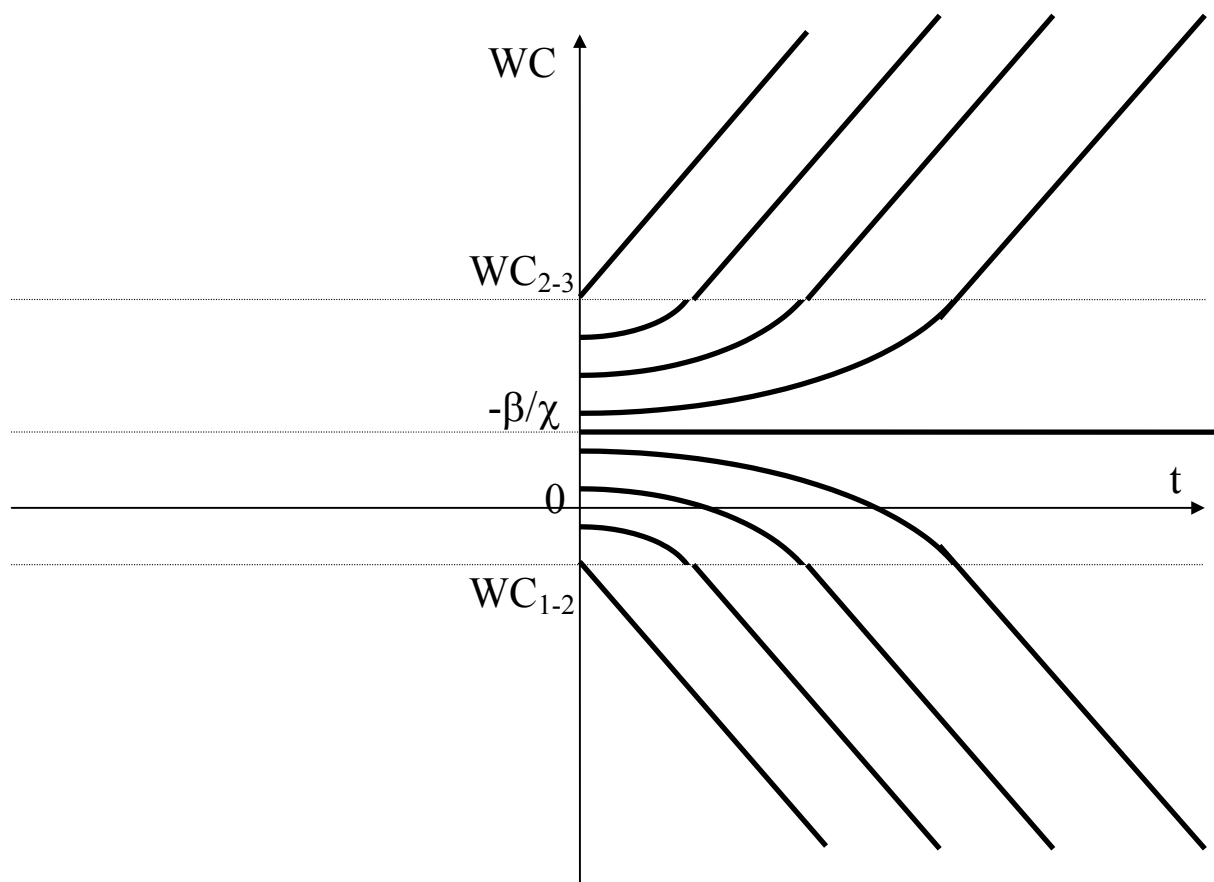


Рис.1.4

В целях формирования финансовых планов, максимизирующих финансово-экономическую эффективность распределения средств между бизнес-единицами, представляется важным исследовать время достижения границы областей 2 и 3 (Рис.1.2) как функцию от величины оборотного капитала в начальный момент времени. Важность рассматриваемой величины объясняется тем, что, как доказано ранее, граница областей 2 и 3 является оптимальной с точки зрения эффективности вложения средств в данную бизнес-единицу, поскольку на границе областей 2 и 3 рентабельность оборотного капитала подразделения максимальна.

Данная зависимость легко может быть получена из (1.10) и представлена графически (Рис. 1.5):

$$t = \frac{1}{\chi} * \ln \left(\frac{WC_{2-3} + \frac{\beta}{\chi}}{WC_0 + \frac{\beta}{\chi}} \right) = \frac{1}{\chi} \left(\ln(WC_{2-3} + \frac{\beta}{\chi}) - \ln(WC_0 + \frac{\beta}{\chi}) \right) \quad (1.11)$$

Зависимость имеет (примерно) логарифмический характер.

Из Рис. 1.5 видно, что ошибка в выборе величины начального значения оборотного капитала, который должен быть предоставлен бизнес- единице, может вызвать значительное отставание в «развитии» бизнес- единицы и большую задержку в получении отдачи на вложенный капитал. Критической является область вблизи точки $WC = -\beta/\chi$, соответствующей той величине оборотного капитала, при которой прибыль подразделения равна 0 (точке безубыточности). Если подразделение финансируется в объеме, соответствующем критической области, оно практически не имеет возможностей развития и шансов самостоятельно перейти в точку оптимума (границу областей 2-3) в короткий срок. В этом случае правильным решением финансового менеджера будет предоставление данному подразделению дополнительных средств (на небольшой срок), которые позволят ему выйти за пределы критической области и далее развиваться за счет собственных резервов.

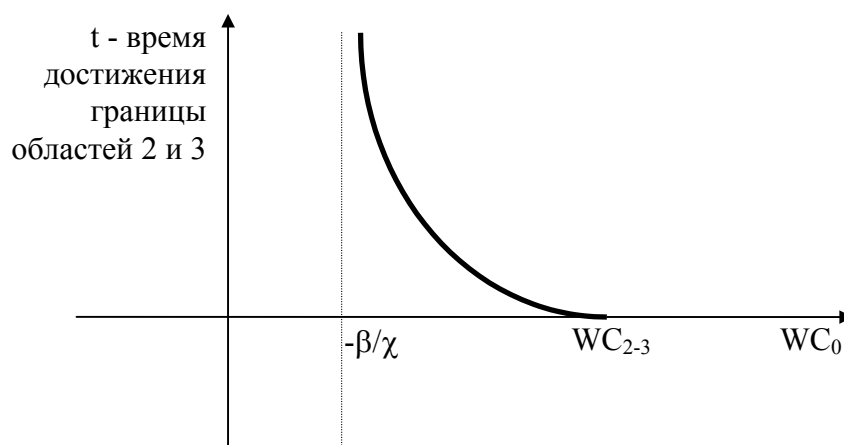


Рис.1.5

2. Задачи управления финансовыми потоками.

В данной части работы рассмотренная ранее модель движения оборотного капитала бизнес- единицы будет детализирована путем введения дополнительных параметров. Это позволит перейти от агрегированных показателей (прибыль на вложенный капитал и т.д.) к собственно показателям финансовых потоков (суммам и срокам поступлений и платежей). В рамках детализированной модели будут предложены алгоритмы управления финансовыми потоками, обеспечивающие максимальную отдачу на вложенный капитал.

2.1. Описание модели.

Для перехода к показателям финансовых потоков рассмотренную в главе 1 модель движения оборотного капитала бизнес- единицы необходимо дополнить следующим образом (Рис. 2.1):

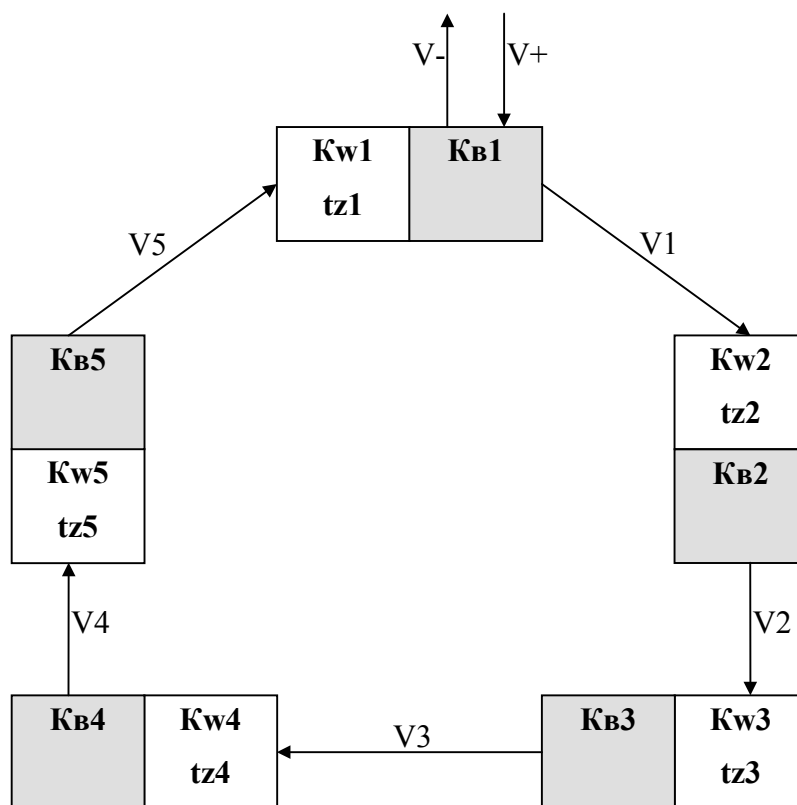


Рис. 2.1

Каждый элемент оборотного капитала разделяется на рабочую область (обозначается нижним индексом w) и буфер (обозначается нижним индексом b).

Рабочая область каждого элемента характеризуется новым параметром - временем задержки (обозначено как $tz1 - tz5$). Время задержки является экзогенным (внешним) параметром, поскольку определяется природой процессов, соответствующих тому или иному элементу оборотного капитала, и равняется времени прохождения рабочей области данного элемента. В частном случае, когда величина потоков не изменяется во

времени и величина буфера элемента равна 0, время задержки совпадает со временем оборачиваемости данного элемента, рассчитываемым по традиционной формуле:

Время оборачиваемости = Величина элемента / Величина выходного потока.

Буфер элемента содержит ту часть оборотного капитала, которая уже прошла рабочую область, но не может перейти в стадию следующего элемента оборотного капитала вследствие ограничения по величине выходного потока.

Ограничения по величине потоков могут изменяться во времени (изменяющийся характер спроса, производственных мощностей, возможностей поставщиков, платежеспособности покупателей и т.д.).

С учетом произведенных дополнений рассматриваемая модель полностью характеризуется следующими четырьмя параметрами:

1. Значениями элементов оборотного капитала $K_{it} = K_{wi}^t + K_{bi}^t$, ограниченные снизу: $K_i^t \geq K_{imax}^t$.
2. Значениями потоков между элементами, ограниченные сверху: $V_i^t \leq V_{imax}^t$.
3. Временем задержки для рабочей области каждого элемента: t_{zi} .
4. Рентабельностью r .

Следует отметить, что все параметры модели имеют четкую интерпретацию на практике и могут быть определены без дополнительных расчетов. Например, для компоненты КЗ (сырье и незавершенное производство):

K_{w3} - сырье и НЗП в процессе производства;

K_{b3} - сверхнормативное (избыточное) сырье и НЗП;

t_{z3} - длительность производственного цикла;

V_3 - производственная мощность;

$V_3 \max$ - ограничение по производственной мощности.

С учетом введенных дополнений уравнения системы будут записаны следующим образом (Рис.2.2):

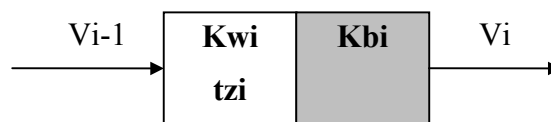


Рис.2.2

$$K_{w1}^t = K_{w1}^{t-1} + V_+^t - V_-^t + V_5^t - V_1^t$$

$$K_{b1}^t = 0 \text{ (принимается } t_{z1} = 0)$$

$$K_{w2}^t = K_{w2}^{t-1} + V_1^t - V_1^{t-t_{z2}}$$

$$K_{b2}^t = K_{b2}^{t-1} + V_1^{t-t_{z2}} - V_2^t$$

$$K_{w3}^t = K_{w3}^{t-1} + V_2^t - V_2^{t-t_{z3}}$$

$$\begin{aligned}
 K_{b3}^t &= K_{b3}^{t-1} + V_2^t - V_3^t \\
 K_{w4}^t &= K_{w4}^{t-1} + V_3^t - V_4^t \\
 K_{b4}^t &= K_{b4}^{t-1} + V_3^t - V_4^t \\
 K_{w5}^t &= K_{w5}^{t-1} + V_4^t - V_5^t \\
 K_{b5}^t &= K_{b5}^{t-1} + V_4^t - V_5^t
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\begin{aligned}
 K_1^t &= K_{w1}^t \geq 0 \\
 K_2^t &= K_{w2}^t + K_{b2}^t \geq K_{w2min}^t \\
 K_3^t &= K_{w3}^t + K_{b3}^t \geq 0 \\
 K_4^t &= K_{w4}^t + K_{b4}^t \geq 0 \\
 K_5^t &= K_{w5}^t + K_{b5}^t \geq K_{w5min}^t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2^t &\leq V_{2max}^t \\
 V_3^t &\leq V_{3max}^t \\
 V_4^t &\leq V_{4max}^t \\
 V_5^t &\leq V_{5max}^t
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Поскольку данная модель является лишь детализацией модели, рассмотренной в главе 1, для нее остаются верными все свойства и утверждения относительно последней.

Показатель рентабельности оборотного капитала по-прежнему определяется :

$$\text{для единичного периода времени: } RWC^t = \frac{r * V_4^t}{WC^t}, \text{ где } WC^t = \sum_{i=1}^5 K_i^t \tag{2.3}$$

$$\text{для временного отрезка } [0;T] : RWC^T = \frac{\sum_{i=1}^T RWC^i * WC^i}{\sum_{i=1}^T WC^i} = \frac{\sum_{i=1}^T r * V_4^i}{\sum_{i=1}^T WC^i} \tag{2.4}$$

Рассмотрены 2 основных режима работы модели: с неизменными во времени ограничениями (2.2) и с изменяющимися во времени ограничениями.

Для обоих указанных режимов предложены алгоритмы управления финансовыми потоками бизнес- единиц и описаны свойства данных алгоритмов.

Под алгоритмами управления финансовыми потоками понимаются алгоритмы, конечным результатом применения которых является формирование графика (определение сумм и сроков) поступлений и платежей каждой бизнес - единицы.

2.2. «Безбуферная» технология. Максимизация рентабельности оборотного капитала бизнес- единицы.

Первый алгоритм условно назван «безбуферной» технологией. Как следует из названия, суть данного алгоритма - формирование такого графика платежей, при котором значение буферов каждого элемента оборотного капитала равно 0.

Данный алгоритм сравнительно прост, не требует компьютерной поддержки и применим независимо от того, являются ограничения (2.2) неизменными или изменяющимися во времени.

Описание алгоритма «безбуферная» технология.

Предполагается, что в начальный момент времени значения буферов равны 0.

Тогда платежи в момент времени t определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 V_1^t &\leq \min\{V_{2\max}^{t+tz2}, V_{3\max}^{t+tz2+tz3}, V_{4\max}^{t+tz2+tz3+tz4}, V_{5\max}^{t+tz2+tz3+tz4+tz5}\} \\
 V_+^t &= \begin{cases} V_1^t - V_5^t, & V_1^t > V_5^t \\ 0, & V_1^t \leq V_5^t \end{cases} \\
 V_-^t &= \begin{cases} V_5^t - V_1^t, & V_5^t > V_1^t \\ 0, & V_5^t \leq V_1^t \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Лемма 2.1. Наличие непустого (отличного от 0) буфера снижает рентабельность оборотного капитала бизнес- единицы.

Лемма 2.2. Алгоритм «безбуферная» технология максимизирует рентабельность оборотного капитала бизнес- единицы.

Лемма 2.3. Алгоритм «безбуферная» технология максимизирует прибыль бизнес- единицы за период, кратный длительности финансового цикла tz , в случае не зависящих от времени ограничений по величине выходных потоков V_i .

2.3. Алгоритм максимальной загрузки каналов (технология с использованием буфера). Максимизация прибыли бизнес- единицы.

В случае изменяющихся во времени ограничений по величине потоков представляется целесообразным использование буферов элементов с целью максимальной загрузки каналов. В отдельных случаях это позволяет увеличить

количество капитала, проходящего через бизнес- единицу и, следовательно, увеличить количество прибыли (при некотором снижении рентабельности оборотного капитала).

Следует отметить, что прибыль, получаемая в период $[0; tz]$, определяется значениями потоков и элементов оборотного капитала в начальный момент времени. Поэтому далее имеется ввиду максимизация прибыли, получаемой бизнес- единицей в период $[tz+1; 2*tz]$.

Соответствующий алгоритм условно назван алгоритмом с использованием буфера (ИБ).

Данный алгоритм позволяет пропустить через каждый из пяти каналов рассматриваемой системы максимально возможное количество капитала и, таким образом, максимизировать прибыль бизнес- единицы.

Для понимания принципов работы алгоритма ИБ целесообразно использовать Рис. 2.3.

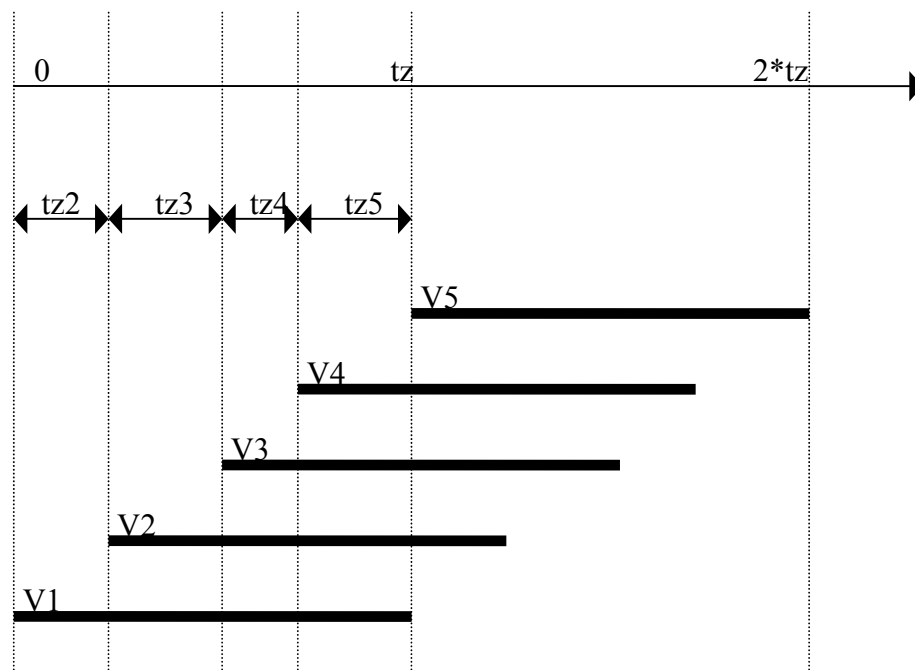


Рис. 2.3

Алгоритм ИБ состоит из двух этапов: на первом этапе формируется предварительное решение с использованием алгоритма «безбуферная технология», на втором этапе предварительное решение корректируется (на основе анализа возможностей использования буфера) с целью максимизации величины финансового потока, совершающего полный цикл оборота за период $[0; 2*tz]$.

Шаг 1 алгоритма ИБ.

Формируется предварительное решение с использованием алгоритма «безбуферная технология».

Формируется матрица А потенциальной пропускной способности, имеющая размер 4 x tz:

$V_{2\max}^{tz2}$	$V_{2\max}^{tz2+1}$	$V_{2\max}^{tz2+tz}$
$V_{3\max}^{tz2+tz3}$	$V_{3\max}^{tz2+tz3+1}$	$V_{3\max}^{tz2+tz3+tz}$
$V_{4\max}^{tz2+tz3+tz4}$	$V_{4\max}^{tz2+tz3+tz4+1}$	$V_{4\max}^{tz2+tz3+tz4+tz}$
$V_{5\max}^{tz2+tz3+tz4+tz5}$	$V_{5\max}^{tz2+tz3+tz4+tz5+1}$	$V_{5\max}^{tz2+tz3+tz4+tz5+tz}$

i-й столбец матрицы А содержит значения пропускной способности каналов V2-V5, через которые будет проходить платеж, осуществленный в момент времени i ($V1^i$).

Формируется строка решения D: $D_j = \min \{A_{ij}\}$, $i=1..5$.

Строка решения содержит решение задачи. J-я позиция строки решения содержит величину платежа, который следует осуществить в момент времени j ($V1^j$).

Формируется матрица В использованной пропускной способности:

$B_{ij} = \min \{A_{ij}\}$, $i=1..5$.

Структура матрицы В аналогична структуре матрицы А. Матрица В содержит величину пропускной способности каналов, которая используется при реализации решения, задаваемого строкой решения D.

Шаг 2 алгоритма ИБ.

Производится анализ возможностей (путей) использования буфера.

Последовательно рассматриваются столбцы матрицы А (указатель номера столбца обозначен С).

В рассматриваемом столбце определяется позиция наименьшего элемента:

$r = \text{pos}(\min \{A_{ic}\}; A_{ic})$, $i=1..5$.

Если $r=1$, то использование столбца С (дополнительного платежа в момент времени С) не приведет к увеличению суммы прибыли, поэтому осуществляется переход к следующему столбцу матрицы А, иначе:

Определяется позиция минимального из элементов, находящихся над A_{rc} :

$l = \text{pos}(\min \{A_{ic}\}; A_{ic})$, $i=1..r-1$. Максимальная величина дополнительного потока, который может быть получен за счет использования буфера элемента A_{rc} , равна: $WL = A_{lc} - A_{rc}$.

Для данного дополнительного потока определяются пути его реализации (Рис.2.4):

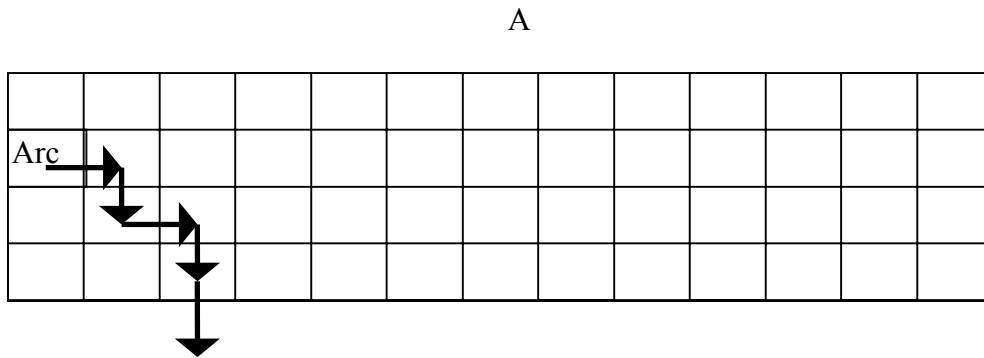


Рис. 2.4

Для описания пути используются столбец пути P_j и указатели пути PC (указатель столбца), PR (указатель строки).

Столбец пути состоит из 4-х ячеек. J -я ячейка столбца пути содержит номер столбца матрицы A , на котором путь поворачивает вниз и переходит от элемента A_{j,p_j} к элементу A_{j+1,p_j} .

Путь начинается с элемента $A_{r, c+1}$ ($pr=r$, $pc=c+1$) и формируется сверху вниз, слева направо следующим образом:

Если $A_{r, c+1} - B_{r, c+1} > 0$, то $A_{r, c+1}$ является элементом пути ($Pr = c+1$) и осуществляется переход вниз (к элементу $A_{r+1, c+1}$): $pr = r+1$.

Если $A_{r, c+1} - B_{r, c+1} \leq 0$, то $A_{r, c+1}$ не является элементом пути и осуществляется переход вправо (к элементу $A_{r, c+2}$): $pc = c+2$.

Данная процедура (поиск пути) повторяется до тех пор, пока путь не пройдет через правую ($pc > tz$) или нижнюю ($pr > 4$) границы матрицы A .

Если путь проходит через правую границу матрицы A , то все возможности использования буфера для увеличения финансового потока исчерпаны; дальнейший поиск путей не даст результатов; строка решения D содержит решение задачи.

Если путь проходит через нижнюю границу матрицы A , то он сформирован. В этом случае определяется пропускная способность пути:

$$WP = \min (WL; A_l, p_l - B_l, p_l), l=r..4.$$

В матрице B отмечается использование пути:

$$B_{i, p_i} = B_{i, p_i} + WP \text{ для } i = r..4$$

Если пропускной способности найденного пути недостаточно для увеличения финансового потока за счет использования буфера элемента A_{rc} матрицы A , то осуществляется поиск следующего пути.

Если пропускной способности достаточно, то производится поиск следующего элемента матрицы A , за счет использования буфера которого может быть увеличен финансовый поток.

Поиск такого элемента производится вначале в том же столбце с (поиск следующего «узкого места» в столбце), затем осуществляется переход к следующему столбцу.

Блок-схема алгоритма ИБ приведена на Рис.2.5.

В ходе проведенного компьютерного моделирования (при котором начальные значения элементов и динамические ограничения на величину потоков задавались в виде случайных чисел в диапазоне от 0 до 1) среднее за 50 попыток отношение величины потока оборотного капитала, прошедшего полный финансовый цикл, в случае применения алгоритма с использованием буфера к той же величине в случае применения алгоритма «безбуферная технология» оказалось в среднем равным 1.3.

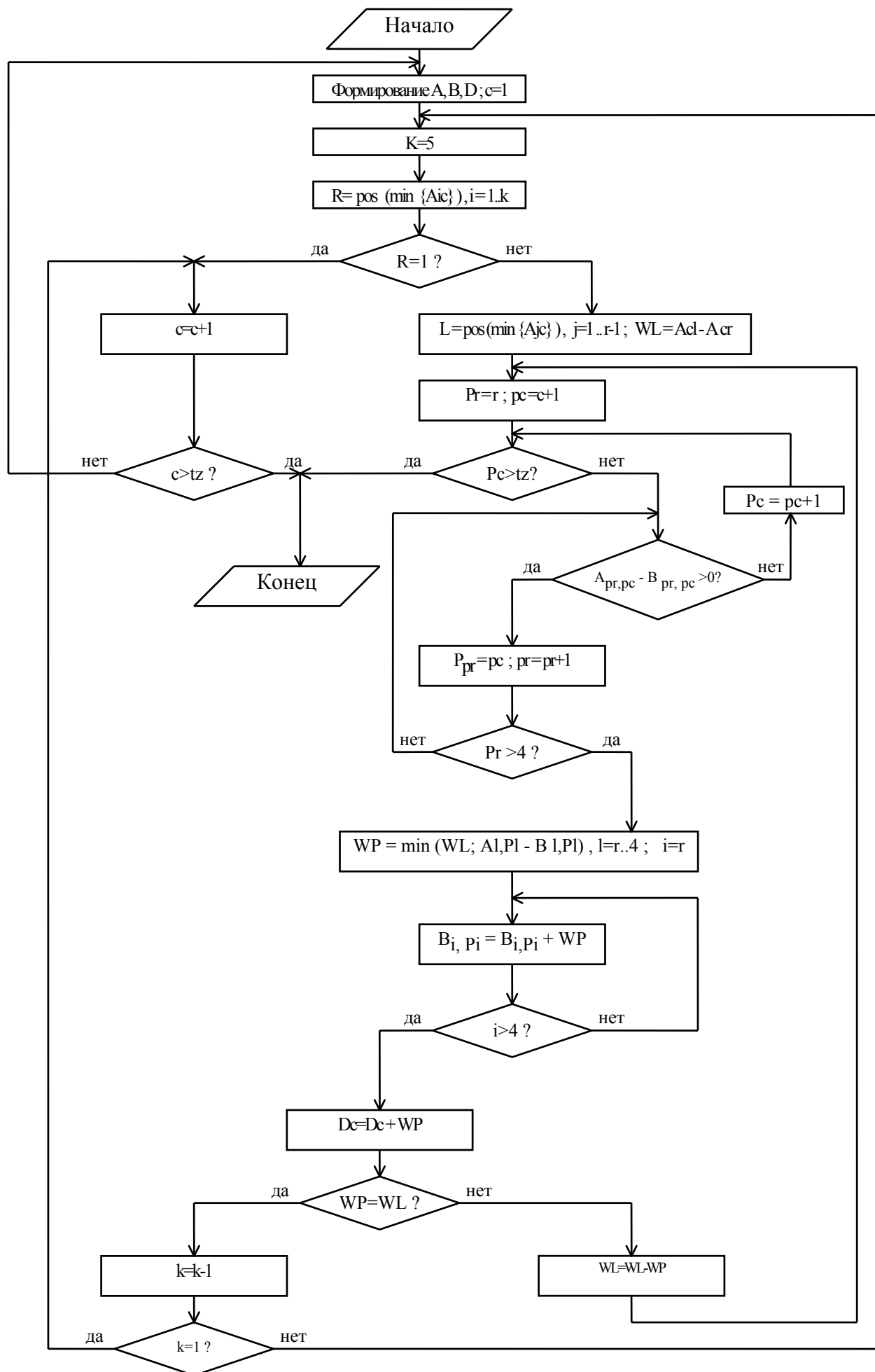


Рис. 2.4

3. Перспективные задачи и результаты.

Для дальнейшей работы могут быть выделены следующие перспективные направления:

- распространение разработанных методов, подходов и алгоритмов на связанные бизнес- единицы, например, являющиеся частями одной технологической цепочки (в настоящей работе предполагается, что бизнес- единицы не связаны и не зависят друг от друга); разработка процедур и технологий оптимальной реструктуризации предприятия;
- учет инерционности бизнес- единиц (времени задержки с момента принятия решения до момента вывода средств из бизнес- единицы, с момента вложения средств до момента получения отдачи от бизнес- единицы);
- разработка алгоритмов распределения средств предприятия не только между проектами функционирования, но и между проектами развития, с использованием модели системной оптимизации;
- усложнение структуры используемой модели предприятия до уровня корпорации: рассмотрение вертикальных и горизонтальных холдингов с кредитными, страховыми учреждениями и т.д.;
- решение задач, связанных с анализом целесообразности привлечения внешних источников финансирования (элементы корпоративного финансирования);
- сведение полученных результатов в единую комплексную модель управления финансами предприятия.

4. Используемые термины и обозначения.

WC - оборотный капитал предприятия. Рассчитывается по формуле: оборотный капитал = текущие активы - текущие обязательства = денежные средства + запасы + дебиторская задолженность - кредиторская задолженность. Величина оборотного капитала численно равна размеру собственных средств предприятия, используемых для финансирования текущей деятельности.

К - элемент оборотного капитала - сумма капитала, в данный момент времени находящаяся в состоянии активов или обязательств предприятия (например, сырье, дебиторская задолженность, денежные средства и т.д.).

p (price) - цена единицы продукции.

c (cost) - прямые переменные затраты (затраты, непосредственно связанные с производством данного продукта и прямо пропорциональные объему выпуска) на единицу продукции.

FC (fixed cost) - постоянные затраты, или операционные расходы, не зависящие от объема производства и необходимые для обеспечения деятельности предприятия даже в случае, когда предприятие ничего не производит.

RWC - рентабельность оборотного капитала, равная отношению прибыли от использования оборотного капитала к величине оборотного капитала.

5.Список литературы.

- 1.Винник А.А., Кузнецов С.В. «Некоторые аспекты многокритериальной оценки финансовой стратегии организации». Труды Международной научно-практической конференции «Управление большими системами». – М.: ООО «НПО СИНТЕГ», 1999, стр. 173.
- 2.Винник А.А., Кузнецов С.В. «Некоторые аспекты многокритериальной оценки стратегии развития организации». Тезисы докладов XL Юбилейной научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальной и прикладной физики и математики». - М.: НИЧ МФТИ, 1997, стр.90.
- 3.Бурков В.Н., Ириков В.А. «Модели и методы управления организационными системами». - М: Наука, 1994.
4. Школа менеджмента МФТИ, Российско- Британская Школа Бизнеса, ЗАО «РОЭЛ-консалтинг». Под общей редакцией Ирикова В.И. «Технология и опыт вывода предприятия из критического и банкротного состояния в конкурентноспособное». – М.: «Аллегро-пресс», 1996.
- 5.Ириков В.А., Ириков И.В. «Финансовые потоки» - М.: Изд-во Всероссийского института промышленной собственности и инноватики Роспатента, 1996.
- 6.Тони Скоун «Управленческий учет». – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997.
- 7.Ириков В.А., Тренев В.Н. «Алгоритмы целенаправленного формирования параметров модели развития отрасли». – М.: журнал «Техническая кибернетика», №3 за 1985 г, стр. 78.
- 8.Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. «Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ». – М.: Наука, 1985.
- 9.Ириков В.А., Агеев И.А., Поздняков М.Л., Тренев В.Н. «Анализ возможностей организационных систем на основе параметрической модели системной оптимизации». – М.: МФТИ, 1990.