

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РЫНОЧНОГО РОСТА В POWERSIM

Компания ABC Manufacturing часто ощущает колебания в уровнях запасов и производства, поэтому она заинтересована в первую очередь в решении этих проблем; они могут быть решены путем построения модели, которая смогла бы выявить и объяснить зависимости между данными величинами. Производственная политика компании состоит из двух элементов – увеличение или уменьшение уровня запасов для приведения их к оптимальному или желательному уровню и поддержание запасов на уровне, достаточном для покрытия предполагаемого спроса в будущем. Для надежности компания хранит на складе товара в четыре раза больше, чем это необходимо для удовлетворения предполагаемого спроса. К тому же уровень производства настраивается таким образом, что одна шестая разницы между желательным и фактическим уровнем производства корректируется за одну неделю.

Предположение компании об уровне будущего спроса базируется на информации о текущем объеме предъявляемых заказов. Текущий объем предъявляемых заказов соответствует реальному спросу, с которым сталкивается компания. Ее политика по определению ожидаемого спроса довольно проста. Компания корректирует одну восьмую часть разницы между реальным и ожидаемым уровнем спроса в течение одной недели. Когда убеждения компании о будущем уровне спроса меняются, это оказывает влияние на желательный уровень запасов и уровень производства, в соответствии с производственной политикой, описанной выше.

Когда товар произведен, он направляется на склад и там хранится в качестве запас. Продукция не может поступать непосредственно с линии производства к потребителю; она должна вначале попасть на склад. Отгрузка товара потребителю осуществляется только со склада. Так как компания содержит на складе продукции в четыре раза больше предполагаемого уровня спроса в каждый момент времени, то она надеется, что всегда сможет отгрузить необходимое количество товара со склада для выполнения каждого предъявленного клиентом заказа. Поэтому компания и не рассматривает информацию о невыполненных заказах и последствиях их невыполнения (хотя отрицательный уровень запасов может быть истолкован как величина невыполненных заказов).

Теперь можно использовать данную информацию о компании для создания имитационной модели. Построение модели начинается с представления информации о запасах.

Моделирование уровня запасов. Запасы представляют собой накопление предметов, в данном случае какой-либо продукции. Этот показатель может быть смоделирован при помощи уровня, поэтому следует поместить уровень на рабочей области и назвать его «Запасы» (Inventory).

Моделирование потоков поступления и выбытия товаров со склада.
Уровень запасов должен увеличиваться и уменьшаться определенным образом. Производство продукции является потоком, который увеличивает запасы, в то время как поток продаж изымает товары со склада.

Присоединение потока производства продукции к уровню:

1. Выберите значок **поток** на панели инструментов.
2. Поместите курсор с левой стороны **уровня**.
3. Нажмите и удерживайте левую кнопку мыши. Появится символ **облако** с прикрепленной к нему стрелкой.
4. Тащите **поток** к **уровню** до тех пор, пока **уровень** не изменит свой цвет, затем отпустите кнопку мыши.
5. Назовите созданный поток «Производство» (Production).

Присоединение потока выбытия товаров со склада:

1. Снова выберите значок **поток** на панели инструментов.
 2. Поместите курсор на **уровень**, нажмите клавишу мыши и удерживайте ее.
 3. Переместите **поток** на несколько сантиметров вправо, а затем отпустите клавишу мыши.
 4. Назовите новую переменную «Отправка Товаров» (Shipments).
- Диаграмма будет иметь следующий вид:

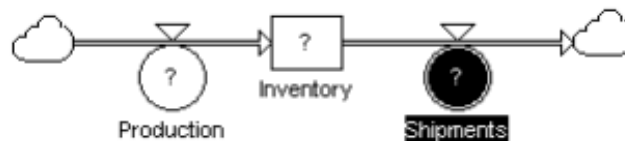


Рисунок 1. Диаграмма потоков поступления и выбытия товаров со склада

Создание зависимости между уровнем производства и запасами. Из информации о компании, которая была дана выше, известно, что уровень производства зависит от нескольких факторов, включая разницу между фактическими и желательными запасами. Для формулировки уравнения производства необходимо соединить переменные, входящие в уравнение. Так как уровень производства зависит от разницы между желательными и фактическими запасами, необходимо построить связь, которая будет показывать влияние уровня запасов на темп производства.

Структурный элемент **связь** позволяет нарисовать линию от одной переменной к другой. Направление связи всегда идет от причины к следствию.

Создание связи от «Запасов» (Inventory) к «Производству» (Production):

1. Выберите инструмент **связь** на панели инструментов.
2. Поместите курсор в центре символа **уровня** «Запасы».
3. Нажмите и удерживайте левую кнопку мыши, и тащите линию к **вспомогательной переменной**, прикрепленной к потоку производства, пока она не изменит свой цвет.
4. Отпустите кнопку мыши.

Результат имеет следующий вид:

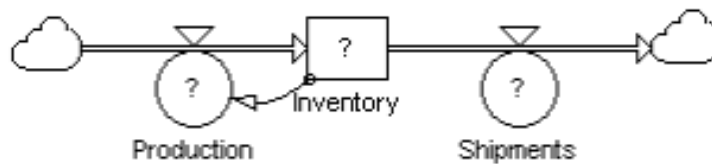


Рисунок 2. Диаграмма зависимости между уровнем производства и запасами

Добавление в модель желательного уровня запасов. Для представления разницы между действительным и желательным уровнями запасов в уравнении, которое будет описывать темп производства, необходимо добавить переменную. Уровень желательных запасов не представляет собой реальные накопления запасов, поэтому данная переменная должна быть представлена в качестве вспомогательной.

Создание новой вспомогательной переменной и соединение ее с потоком производства:

1. Выберите инструмент **вспомогательная переменная** на панели инструментов.
2. Поместите новую **вспомогательную переменную** под **потоком производства**.
3. Назовите ее «Желательный уровень запасов» (Desired_Inventory).
4. Соедините вновь созданную **вспомогательную переменную** с **потоком производства**.

Результат имеет вид:

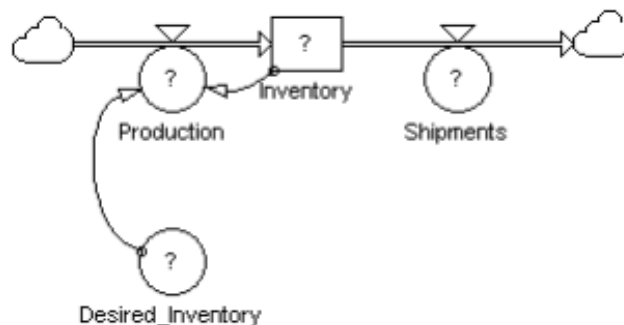


Рисунок 3. Диаграмма с добавлением переменной желательного уровня запасов

Добавление фактора времени к потоку «Производство». Третьим элементом производства является фактор времени, значение которого равно одной шестой. Этот фактор времени представляет замедление в системе, так как в реальной жизни уровень производства не может меняться мгновенно, приводя уровень запасов к необходимой величине. Для производства товаров и их транспортировки на склад требуется определенное время. В нашем случае одна шестая часть разницы между фактическим и желательным уровнем запасов корректируется в течение каждой недели. Например, если величина

желательного уровня запасов увеличилась на 100 единиц, то компании потребуется шесть недель для увеличения уровня фактических запасов на 100 единиц. Данный фактор времени не изменяется в течение всего периода имитации, поэтому он должен быть представлен в виде константы.

Добавление константы в модель, которая будет отражать фактор времени:

1. Выберите инструмент **константа**.
2. Поместите **константу** над **потоком производства**.
3. Назовите ее «Время приведения уровня фактических запасов к желательному уровню» (Time_to_Correct_Inventory.).
4. Соедините ее с **потоком** «Производство».

Результат имеет следующий вид:

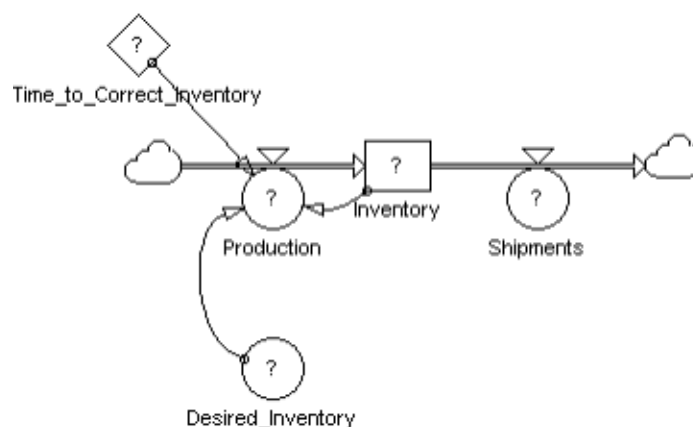


Рисунок 4. Диаграмма с добавлением фактора времени к потоку «Производство»

Начальный этап определения переменных. Модель еще не закончена, однако уже можно начать определять переменные, расположенные на диаграмме. Переменные в PowerSim определяются с помощью диалогового окна **Определение Переменной** (Define Variable).

Два раза щелкните на переменной, которую необходимо определить. Первой будет определяться переменная «Запасы» (Inventory).

Определение единицы измерения. Единицей измерения запасов будут являться «Штуки» (Widgets).

Определение начального условия для «Запасов». Для запасов необходимо определить начальное значение, и тем самым дать начальную точку для уравнения, которым будет начинаться имитация модели. Начальное значение для запасов равно 400. Это значение необходимо ввести в диалоговом окне **Определение Переменной** для уровня «Запасы» в поле **Определение** (Definition).

PowerSim автоматически генерирует остаток уравнения для уровня, используя информацию обо всех потоках, входящих и выходящих из уровня.

Определение уравнения для потока «Производство». Чтобы определить интенсивность для потока «Производство», необходимо написать уравнение. Перед тем, как сделать это, расширьте диалоговое окно **Определение**

Переменной, чтобы в нем появился список **Присоединенные Переменные** (Linked Variables). Для расширения диалогового окна **Определение Переменной** используйте кнопку **Больше** (More).

Уравнение для потока «Производство» должно использовать все переменные, находящиеся в списке **Присоединенные Переменные**.

Известно, что производственная политика компании основана на уменьшении разницы между желательным и фактическим уровнями запасов. Эту идею можно описать следующим уравнением:

Производство (Production) = (Желательный Уровень Запасов (Desired_Inventory) – Фактический Уровень Запасов (Inventory))/Время Приспособления Фактического Уровня Запасов к Желательному Уровню (Time_to_Correct_Inventory)

Набирать имена переменных заново не надо: два раза щелкните на имени переменной в списке **Присоединенные Переменные**, и она появится в поле **Определение**.

Определение значения константы «Время Приспособления Фактического Уровня Запасов к Желательному Уровню». Для данной константы в поле **Определение** диалогового окна **Определение Переменной** введите значение 6.

Определение интенсивности предъявления заказов. Для определения переменных «Отправка Товаров» и «Желательный Уровень Запасов» необходимо добавить в модель еще несколько переменных. Компания выполняет каждый заказ путем отгрузки товара со склада. Поток заказов может быть представлен в виде вспомогательной переменной.

Добавление и определение вспомогательной переменной, определяющей интенсивность предъявления заказов.

1. Создайте **вспомогательную переменную** и поместите ее под **потоком**, определяющим отправку товаров со склада. Назовите вспомогательную переменную «Интенсивность Предъявления Заказов» (Order_Rate).

2. Откройте для новой **вспомогательной переменной** диалоговое окно **Определение Переменной**.

Данная переменная представляет внешнее воздействие на модель. По существу данная переменная может быть использована для создания «шока» в модели и проверки того, как поведет себя модель в результате непредвиденного изменения спроса. Данное уравнение определяет увеличение спроса на 20%:

Интенсивность Предъявления Заказов (Order_Rate) = 100 + STEP(20,20)

Данное уравнение использует функцию **STEP** для увеличения заказов со 100 до 120 на двадцатом шаге имитации модели, и позволяет определить реакцию величины «Фактические Запасы» в результате изменения количества предъявляемых заказов. Графическое отображение поведения этого уравнения во времени имеет вид:

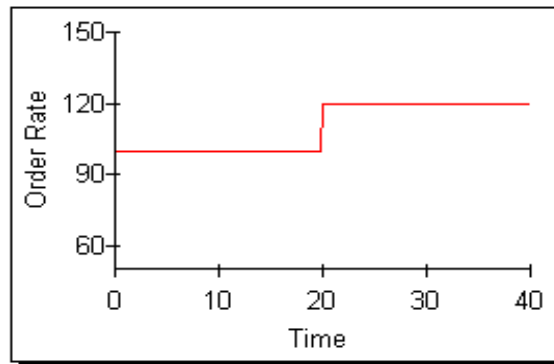


Рисунок 5. График Интенсивности Предъявления Заказов

Единицей измерения для вспомогательной переменной «Отправка Товаров» будет «Штук в Неделю» (Widgets/Week). Если данная единица измерения уже была добавлена при определении вспомогательной переменной «Производство», то выберите ее из списка, иначе впишите эту единицу измерения.

Определение вспомогательной переменной «Отправка Товаров». Так как компания отгружает товары со склада при выполнении заказов, необходимо связать переменную «Интенсивность Предъявления Заказов» с переменной «Отправка Заказов» и определить переменную «Отправка Заказов» равной переменной «Интенсивность Предъявления Заказов». После всех выполненных действий модель будет иметь вид:

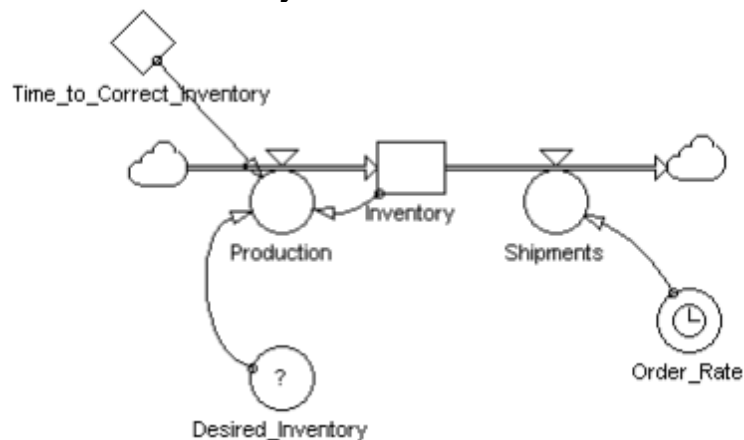


Рисунок 6. Диаграмма с добавлением вспомогательной переменной «Отправка Товаров»

Добавление концепции ожидаемого спроса. Последнее, что необходимо добавить в модель, является концепция ожидаемого спроса. Ожидаемый спрос представляет собой важную часть модели, так как он преобразует изменения в спросе согласно изменениям в производстве. Данная концепция заключается в том, что берется информация о рынке («Интенсивность Предъявления Заказов»), анализируется, а затем вырабатываются определенные действия, которые будут регулировать производство компании.

Спрос, в отличие от запасов, не является материальными накоплениями. Однако накопления могут иметь не только материальную форму. Так как

существует замедление в изменении будущего спроса, то лучше представить спрос в виде уровня.

Добавление ожидаемого спроса в модель:

1. Создайте **уровень** (поместите его, как показано ниже) и назовите «Ожидаемый Спрос» (Expected_Demand).

2. В качестве начального значения введите 100. Единица измерения «Штуки» (Widgets).

Потоки являются единственными элементами, которые могут изменять уровни, поэтому необходимо добавить поток, который будет оказывать влияние на уровень «Ожидаемый Спрос». Необходимо также добавить фактор времени, который будет означать промежуток времени, необходимый для приведения ожидаемый спроса к реальному спросу. Добавление фактора времени и переменной, определяющей интенсивность изменения ожидаемого спроса:

1. Создайте новый **поток**, входящий в **уровень** «Ожидаемый Спрос» и назовите **вспомогательную переменную**, прикрепленную к **потoku** «Изменение Ожидаемого Спроса» (Chng_Expected_Demand).

2. Добавьте новую **константу** «Время Приведения Ожидаемого Спроса к Реальному Спросу» (Time_Chng_Expectations) и свяжите ее с **вспомогательной переменной** «Изменение Ожидаемого Спроса».

Созданные элементы необходимо определить. Уравнение для вспомогательной переменной «Изменение Ожидаемого Спроса» будет строится по тому же принципу, что и уравнение для вспомогательной переменной «Производство». Уравнение будет иметь вид:

Изменение Ожидаемого Спроса (Chng_Expected_Demand) = (Интенсивность Предъявления Заказов (Order_Rate) – Ожидаемый Спрос (Expected_Demand))/ Время Приведения Ожидаемого Спроса к Реальному Спросу (Time_Chng_Expectations).

Смысл этой формулировки заключается в том, что уровень «Ожидаемый Спрос» корректируется в соответствии с разницей между ожидаемым спросом и фактическим спросом, который в нашем случае отражается переменной «Интенсивность Предъявления Заказов». Одна восьмая часть разницы между ожидаемым и реальным спросом корректируется в течение одной недели.

Определение новых переменных:

1. Создайте связь от **вспомогательной переменной** «Интенсивность Предъявления Заказов» и **уровня** «Ожидаемый Спрос» к **вспомогательной переменной** «Изменение Ожидаемого Спроса».

2. Определите **вспомогательную переменную** «Изменение Ожидаемого Спроса» так, как описано выше. В поле единица измерения введите «Штук в Неделю» (Widgets/Week).

3. Для **константы** «Время Приведения Ожидаемого Спроса к Реальному Спросу» в поле **определение** введите значение 8.

С учетом последних изменений модель будет иметь вид:

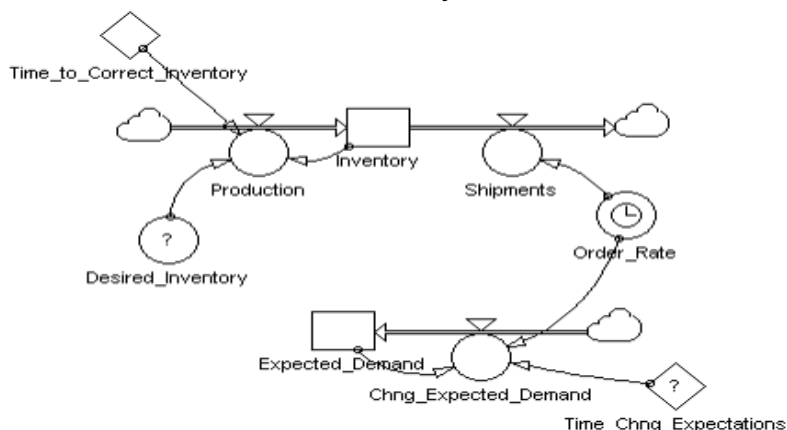


Рисунок 7. Диаграмма с добавлением переменной «Ожидаемый Спрос»

Описание влияния уровня «Ожидаемый Спрос» на вспомогательные переменные «Производство» и «Желательный Уровень Запасов». Для создания подобной зависимости необходимо образовать связи от уровня «Ожидаемый Спрос» к вспомогательным переменным «Производство» и «Желательный Уровень Запасов».

После добавления связи к вспомогательной переменной «Производство» на ней появился знак вопроса, поэтому уравнение для производства необходимо переписать, используя все присоединенные переменные.

Согласно информации о компании, уровень производства должен быть таким, чтобы уровень запасов на складе был равен желательному спросу и покрывал ожидаемый спрос. Поэтому прибавьте уровень «Ожидаемый Спрос» к уравнению для вспомогательной переменной «Производство». Окончательное уравнение для производства будет иметь вид:

Производство (Production) = Ожидаемый Спрос (Expected_Demand) + (Желательный Уровень Запасов (Desired_Inventory) – Фактический Уровень Запасов (Inventory))/Время Приспособления Фактического Уровня Запасов к Желательному Уровню (Time_to_Correct_Inventory)

Также известно, что запасы компании должны быть на таком уровне, чтобы покрыть ожидаемый спрос в течение четырех недель. Поэтому, чтобы определить уравнение для вспомогательной переменной «Желательный Уровень Запасов», необходимо добавить константу, определяющую количество недель:

1. Добавьте новую **константу** и назовите ее «Inv_Coverage».
2. Для данной константы в поле **Определение** введите значение 4.
3. Соедините **константу** связью с **вспомогательной переменной** «Желательный Уровень Запасов».

4. Для **вспомогательной переменной** «Желательный Уровень Запасов» в поле **Определение** введите уравнение: Ожидаемый Спрос (Expected_Demand) * Inv_Coverage.

Окончательный вид модели представлен на рис. 8:

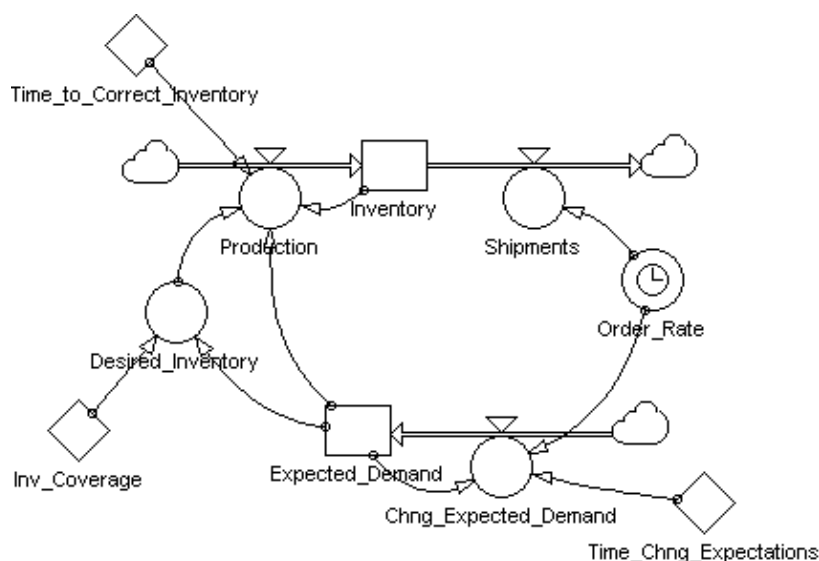


Рисунок 8. Диаграмма окончательного вида модели в ПП PowerSim

После проведения имитации модели, проанализируем полученные результаты:

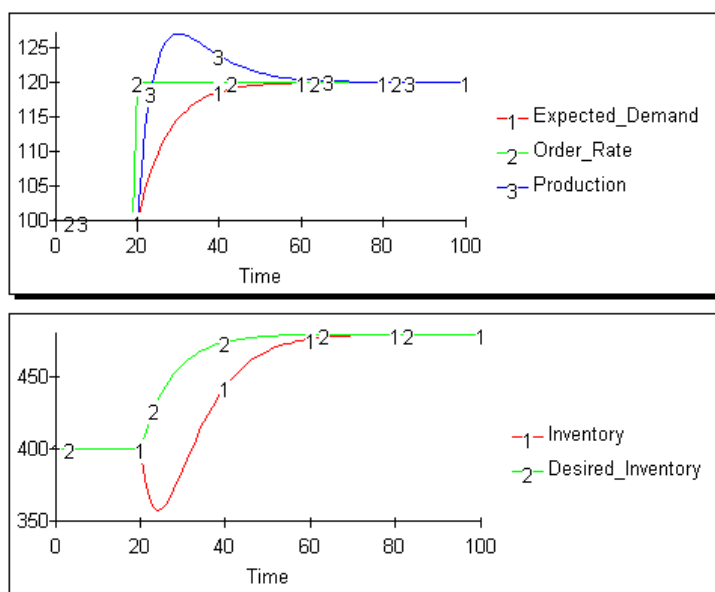


Рисунок 9. Результаты полученные после проведения имитации модели рыночного роста

До двадцатого шага время развития всех переменных представляло собой горизонтальную линию, что означало, что модель находится в точке равновесия. Основное внимание необходимо сконцентрировать на двадцатом шаге, после которого модель выбивается из состояния равновесия в результате резкого изменения количества поступающих в систему заказов со 100 до 120.

Как видно, «Ожидаемый Спрос» возрастает, однако рост этого показателя происходит несколько медленнее, чем рост уровня поступающих заказов. Темп роста ожидаемого спроса ниже, потому что поток изменяет «Ожидаемый Спрос» в соответствии с разницей между вспомогательной переменной «Интенсивность Предъявления Заказов» и уровнем «Ожидаемый Спрос». Эта разница достигает максимального значения на двадцатом шаге. Затем, по мере того, как значение уровня «Ожидаемый Спрос» растет, разница становится все меньше и меньше, что приводит к снижению темпа роста ожидаемого спроса.

Значение вспомогательной переменной «Производство» растет намного интенсивней и превышает значение переменной «Интенсивность Предъявления Заказов» до тех пор, пока для производства вновь не установится равновесие. Производство регулируется под влиянием двух элементов: «Желательный Уровень Запасов» и «Ожидаемый Спрос». «Ожидаемый Спрос» растет, уровень «Желательных Запасов» также растет (включая разницу между желательными и фактическими запасами), так как представляет собой множество уровней «Ожидаемый Спрос». При росте уровней «Желательный Уровень Заказов» и «Ожидаемый Спрос» уравнение для вспомогательной переменной «Производство» приводит к увеличению темпа потока продукции на складе. Данное предположение имеет смысл, так как компания хочет производить продукции достаточно для покрытия будущего спроса и в то же время сохранять на складе необходимое количество продукции.

Понятным становится увеличение производства, если проследить поведение уровня «Запасы». В данной компании величина отгрузки товаров по полученным заказам всегда эквивалентна количеству заказанных товаров, поэтому увеличение количества отгружаемых товаров немедленно приведет к истощению запасов компании. Это приведет к еще большему росту разницы между величинами фактических и желательных запасов, что вызовет очередной рост производства. Когда уровень производства достигает уровня заказов, поступающих в компанию, запасы достигнут своего минимального значения. Это происходит примерно на двадцать пятом шаге. Затем возникает ситуация, при которой количество производимой продукции в каждый момент времени превышает количество продукции, отгружаемой со склада, поэтому уровень запасов растет. После двадцать пятого шага происходит уменьшение разницы между желательным и фактическим уровнями запасов, а ожидаемый спрос приближается к текущему уровню спроса. Это приводит к постепенному уменьшению темпа производства и приведению его к равновесному значению. Примерно на семидесятом шаге в системе устанавливается равновесие.