

## **Определение оптимального времени досрочной смены морально стареющих средств производства**

### *Часть 1. (Моделирование процесса изменения переменных затрат*

$$\text{квадратичной функцией } Z = \frac{1}{n} \times (X - M)^2 + B)$$

*Предложен метод определения оптимального времени досрочной смены морально стареющих средств производства на основе критерия максимального среднего темпа снижения полных средних затрат, который образуется из-за снижения затрат на единицу продукции, выпускаемой на новом средстве производства, которое имеет более высокий уровень технического совершенства, чем сменяемая техника.*

Все более обостряющаяся проблема износа основных фондов во всех отраслях производства Российской Федерации ставит на повестку дня вопрос о экономически выверенных сроках смены стареющих средств производства с учетом их морального износа и неравномерности развития техники в различных областях промышленного производства. Из множества задач, направленных на решение проблемы старения и износа техники выделяются две взаимосвязанные задачи. Первая задача – разработка критерия и алгоритма определения оптимального времени досрочной смены стареющих средств производства на новые, более производительные средства производства. Вторая задача – определение необходимой расчетной величины снижения затрат на единицу продукции, выпускаемой на новой технике, которая обеспечивает экономически эффективную досрочную смену средств производства.

Решение поставленных задач требует множества технико-экономических данных по целому ряду новых средств производства, которые могут сменить стареющее средство производства во время его эксплуатации. Обеспечение исходными данными такой задачи только по старыми, снятым из эксплуатации, а также по действующим, или только еще проектируемым средствам производства недостаточно для выявления закономерностей изменения затрат в момент досрочной смены средств производства. Поэтому эта задача, как многие другие экономические задачи, может быть решена только методом моделирования, который позволяет еще более расширить круг необходимых исходных значений и параметров как для стареющих, так и новых средств производства. В основе решения задачи лежит известный графический метод определения экономически оптимального срока службы средств производства, который представлен на рисунке 1, где показаны графики изменения затрат единицы продукции в

зависимости от объема произведенной продукции  $X$ , или от срока эксплуатации средства производства  $T$ .

График изменения затрат на создание самого средства производства, которые содержит единица продукции, имеет характер гиперболы

$$A = \frac{Ц}{X} = \frac{Ц}{T \cdot q}$$

Где  $Ц$  – затраты на создание одного экземпляра средства производства.  $X$  – текущий объем производства.  $T$  – текущий срок эксплуатации средства производства.  $X = T \cdot q$ , где  $q$  – годовой объем выпускаемой продукции. Для упрощения принимается, что  $q$  величина постоянная.

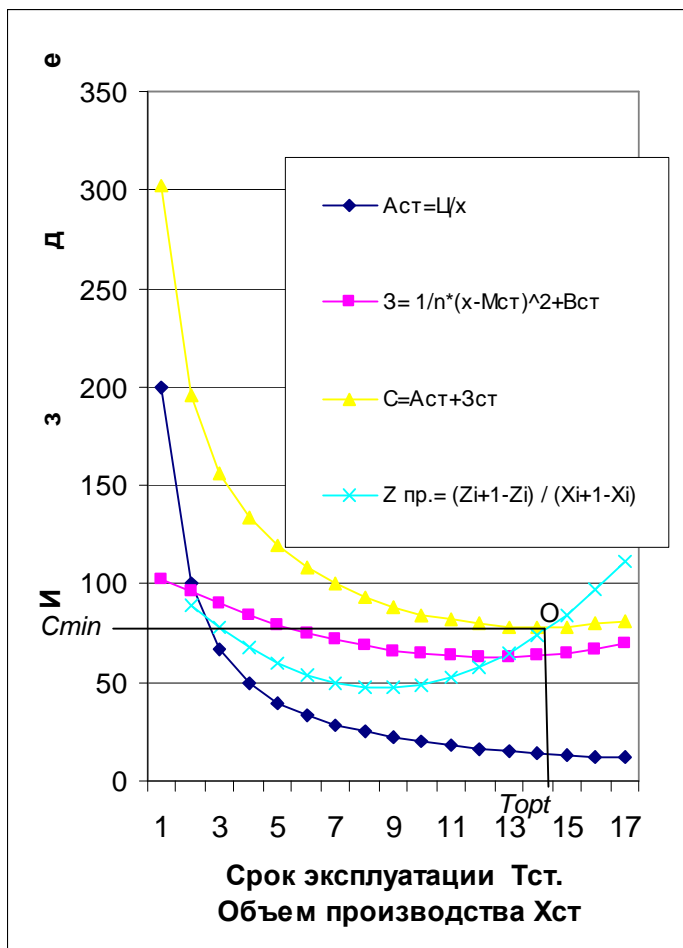


Рисунок 1 - Изменение структуры затрат единицы продукции, выпускаемой на старом средстве производства.

График изменения переменных затрат единицы продукции имеет характер квадратичной функции

$$Z = \frac{1}{n} \times (X - M)^2 + B$$

Где  $B$  – коэффициент снижения переменных затрат, наиболее сильно влияющий на величину переменных затрат. Он включает в себя все качественные изменения в технике (рост производительности труда, снижение затрат на топливо, техническое обслуживание и ремонты, т.е. все то, что можно отнести к технологическому совершенству новых средств производства).

Коэффициент  $M$ - наибольшим образом влияет на величину срока службы (ресурс) средства производства.

Коэффициент  $1/n$  –влияет на скорость роста переменных затрат и на срок службы (ресурс) средства производства.

График изменения полных затрат на единицу продукции является суммой затрат на создание самого средства производства и переменных затрат единицы продукции

$$C = \frac{\Pi}{X} + \frac{1}{n} \times (X - M)^2 + B$$

На рисунке 1 четко проявляется минимум полных затрат единицы продукции  $C=A+Z$ , обозначенный точкой  $O$ , который образуется как результат суммирования двух взаимоисключающих тенденций, - снижающихся затрат на восстановление самого средства производства  $A$ , и растущих переменных затрат  $Z$ .

График изменения предельных затрат рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{пр}} = (Z_{i+1} - Z_i) / (X_{i+1} - X_i)$$

Предельными затратами называются затраты на каждую последующую дополнительную единицу произведенной продукции. Где  $Z_{i+1}$  - полные затраты при производстве  $X_{i+1}$  - единиц продукции в  $i+1$  году,  $Z_i$  – полные затраты на производство  $X_i$  единиц продукции в  $i$  году. Предельные затраты могут использоваться для определения минимума полных средних затрат, так как пересечение кривой предельных затрат  $Z_{\text{пр}}$  и кривой полных средних затрат  $C$  определяют точку минимальных полных затрат единицы продукции. В этой точке величина полных средних затрат становится равной предельным затратам  $C=Z_{\text{пр}}$ .

К времени достижения минимума затрат на единицу продукции выпускаемой на старом оборудовании должно быть произведено новое более производительное оборудование, которое должно сменить старое и продолжать выпуск прежней продукции, с более низкими затратами на единицу продукции. Любое отступление от времени планируемой смены – задержка или преждевременная смена технологического оборудования, приводит к совокупному увеличению затрат на единицу продукции за счет роста затрат на единицу продукции, выпускаемой на старой технике. **Время достижения минимума затрат  $T_{\text{opt}}$  на старом средстве производства одновременно является моментом времени плановой смены старых средств производства на новые средства производства  $T_{\text{opt}}=T_{\text{пл}}$ . Эту точку можно назвать точкой планирования смены техники.**

Последовательная цепь, непрерывных смен старой техники на новую технику, где окончание эксплуатации стареющей техники означает начало эксплуатации новой техники, обеспечивает непрерывное снижение средних полных затрат на единицу выпускаемой продукции, а в случае замедления развития техники обеспечивает выпуск продукции, по крайней мере, на достигнутом минимальном уровне затрат.

На рисунке 2 показано образование среднего темпа снижения средних полных затрат на единицу выпускаемой продукции при смене стареющего средства производства на новое средство производства в момент времени, когда

на стареющем оборудовании достигается минимум затрат на единицу продукции т.е.  $T_{\text{факт ст}} = T_{\text{opt ст}} = T_{\text{пл}}$ .

Проведем расчет среднего темпа снижения затрат при смене средств производства, при условии что затраты на единицу продукции выпускаемой на новой технике становятся меньше затрат на единицу продукции выпускаемой на

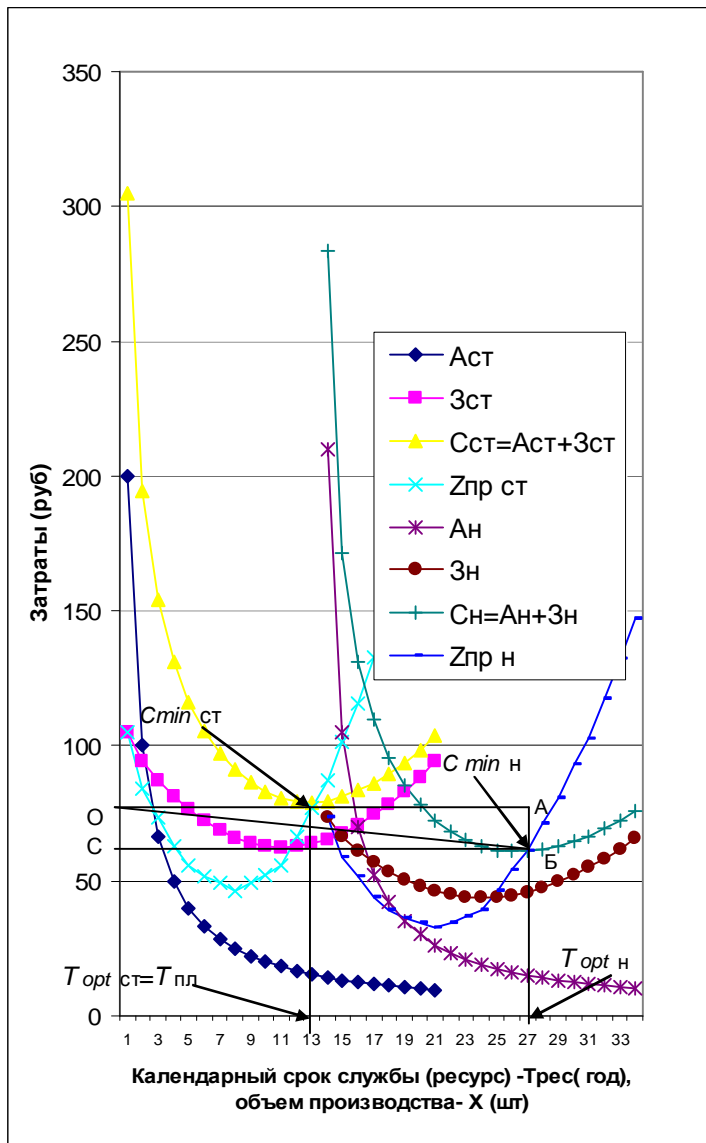


Рисунок 2 - Средний темп снижения полных средних затрат на единицу продукции при смене средств производства в планируемый срок ( $T_{\text{opt ст}} = T_{\text{пл}}$  - точка планирования), при условии если  $C_{\text{ст}} > C_{\text{н}}$ .

старой технике  $C_{\text{н}} < C_{\text{ст}}$ . Будем считать, что **средний темп снижения затрат на производство единицы продукции равен отношению величины снижения минимальных полных затрат ( $\Delta C_{\text{min}}$ ) на единицу продукции выпускаемой на стареющей и новой техники к сумме сроков службы старой и новой техники (т.е. с начала ввода в эксплуатацию старой техники и до планируемого, оптимального срока окончания службы новой техники)**

$$T_{\text{емп}} = \Delta C_{\text{min}} / (T_{\text{opt ст}} + T_{\text{opt н}}) = (C_{\text{min ст}} - C_{\text{min н}}) / (T_{\text{opt ст}} + T_{\text{opt н}}) \quad (1)$$

Так как  $T_{\text{opt ст}} = X_{\text{opt ст}} / q_{\text{год}}$ ;  $T_{\text{opt н}} = X_{\text{opt н}} / q_{\text{год}}$ , то средний темп снижения затрат можно рассчитать и на единицу времени, и на единицу продукции.

$$T_{\text{емп}} = (C_{\text{min ст}} - C_{\text{min н}}) / (X_{\text{opt ст}} + X_{\text{opt н}})$$

На рисунке 2 величина снижения минимальных затрат ( $\Delta C_{\text{min}}$ ) между полными минимальными затратами на единицу продукции произведенной на старой и новой техники равна

$$\Delta C_{\text{min}} = (C_{\text{min ст}} - C_{\text{min н}}) = \text{АБ} = \text{ОС}$$

Снижение затрат происходит за период равный оптимальному фактическому сроку эксплуатации старой техники и оптимальному планируемому сроку эксплуатации новой техники -  $T_{\text{opt ст}} + T_{\text{opt н}} = \text{ОА}$ . Где  $T_{\text{факт ст}} = T_{\text{opt ст}}$ .

Средний темп снижения затрат показанный на рисунке 2 равен тангенсу угла АОБ, или тангенсу угла ОБС

$$T_{\text{емп}} = \text{tg} \text{АОБ} = \text{АБ} / \text{ОА} = (C_{\text{min ст}} - C_{\text{min н}}) / (T_{\text{opt ст}} + T_{\text{opt н}})$$

Средний темп снижения затрат рассчитан в момент плановой смены средств производства, в точке  $C_{\text{min ст}}$ . Необходимо отметить, что к планируемому времени смены старой техники затраты на ее создание полностью перенесены на выпускаемый продукт, а затем возвращены в виде амортизации для приобретения новой более совершенной техники.

Но создание новой техники с более высокими технико-экономическими показателями, которые снижают затраты на производство единицы продукции может произойти значительно раньше того срока, когда старая техника достигнет своего естественного минимума затрат на единицу продукции, или времени своей плановой замены. При появлении более производительных средств производства, которые снижают величину затрат на производство единицы продукции происходит моральный износ старых средств производства, которые находятся в эксплуатации. Определим возможные, наиболее выгодные сроки досрочной смены морально стареющих средств производства на новые, более совершенные средства производства и определим величины снижения затрат единицы продукции выпускаемой на новой технике относительно затрат на единицу продукции, выпускаемой на старой технике, при которых досрочная смена старого средства производства будет экономически целесообразна. Для этого необходимо определить средние темпы снижения затрат от ввода в эксплуатацию нового средства производства в планиваемый срок и в момент досрочной смены средств производства, а затем провести их сравнение. Тот момент времени смены средств производства, при котором будет обеспечиваться максимальный средний темп снижения затрат и будет являться наиболее экономически эффективным временем смены средств производства. Так как самый высокий темп снижения затрат будет обеспечивать самую высокую величину сокращения затрат в единицу времени, или на единицу продукции, выпускаемой на новой технике, а значит будет обеспечивать наибольшую эффективность эксплуатации новой техники на расчетном периоде времени.

Но при смене старой техники раньше планиваемого срока, часть ее стоимости не успевает быть перенесенной на выпускаемую продукцию, а значит эти затраты никогда не будут возмещены через механизм амортизации. Возникает прямой убыток от преждевременного ввода в эксплуатацию нового средства производства. Величина не перенесенных затрат равна произведению величины

суммы годовой амортизации на срок сокращения эксплуатации старого средства производства

$$\Delta A_{\text{ст}} = a_{\text{ст } t} * (T_{\text{opt ст}} - T_{\text{факт ст}}) \text{ или } \Delta A_{\text{ст}} = a_{\text{ст}} * (X_{\text{opt ст}} - X_{\text{факт ст}})$$

Где -  $\Delta A_{\text{ст}}$  - не перенесенные (недоамортизированные) затраты со старой техники.

$a_{\text{ст } t}$ ,  $a_{\text{ст}}$ , - величина суммы годовой амортизации и суммы амортизации на единицу продукции старой техники, рассчитанная на полный оптимальный срок эксплуатации, или оптимальный объем продукции, выпускаемой на старой технике.

$T_{\text{opt ст}}$ ,  $X_{\text{opt ст}}$  - полный оптимальный срок эксплуатации и объем выпуска продукции на старой технике.

$T_{\text{факт ст}}$ ,  $X_{\text{факт ст}}$  – фактический срок эксплуатации и объем продукции на старой техники.

Для компенсации убытков из-за досрочного вывода из эксплуатации стареющих средств производства необходимо перенести недоамортизированные затраты старой техники -  $\Delta A_{\text{ст}}$  на новую технику. Тогда стоимость новой техники увеличится и будет равна

$$Ц_{\text{н } \Delta A_{\text{ст}}} = Ц_{\text{н}} + \Delta A_{\text{ст}}$$

Минимальные затраты на единицу продукции  $C_{\text{min н } \Delta A_{\text{ст}}}$ , выпускаемой на новой технике, оптимальный объем  $X_{\text{opt н } \Delta A_{\text{ст}}}$  и срок выпуска продукции  $T_{\text{opt н } \Delta A_{\text{ст}}}$  с учетом переноса недоамортизированных затрат будут определяться из формулы

$$C_{\text{min н } \Delta A_{\text{ст}}} = \frac{Ц + \Delta A_{\text{ст}}}{X_{\text{opt н } \Delta A_{\text{ст}}}} + \frac{1}{n} \times (X_{\text{opt н } \Delta A_{\text{ст}}} - M)^2 + B \quad (2)$$

Темп снижения затрат при досрочном вводе техники в эксплуатацию будет равен

$$\text{Темп} = (C_{\text{min ст}} - C_{\text{min н } \Delta A_{\text{ст}}}) / (T_{\text{факт ст}} + T_{\text{opt н } \Delta A_{\text{ст}}}) \quad (3)$$

где:  $C_{\text{min ст}} - C_{\text{min н } \Delta A_{\text{ст}}} = \Delta C_{\text{min } \Delta A_{\text{ст}}}$  – величина снижения минимальных полных затрат или разница между минимальными суммарными затратами на единицу продукции произведенной на старой и новой техники, к которой добавлена недоамортизированная стоимость старой техники.

Для проверки возможности экономически эффективной смены стареющих средств производства на всем временном отрезке их эксплуатации, будем искать оптимальный момент времени досрочного ввода в эксплуатацию новой техники при котором достигается максимальный темп снижения затрат.

Предположим, что таким средством производства, которое намечается к смене, является модель некоторого стареющего станка. Его технико-экономические данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ц <sub>ст</sub>	q	1/н <sub>ст</sub>	М <sub>ст</sub>	В <sub>ст</sub>
руб	шт	руб/шт <sup>3</sup>	шт	руб/шт
2 000 000	10000	3,1E-09	123000	63

Проведем расчет оптимального срока службы стареющего станка  $T_{\text{opt}}$  и минимальных затрат на единицу выпускаемой на продукции  $C_{\text{min ст}}$ . Расчеты проводятся в численном виде по формуле

$$C_{\min \text{ ст}} = \frac{\text{Ц}}{X_{\text{opt ст}}} + \frac{1}{n} \times (X_{\text{opt ст}} - M)^2 + B_{\text{ст}}$$

Последовательно подставляя в формулу значения объема производства от 0 до 150000 единиц выпуска, построим график снижения издержек производства ( $C_{\text{ст}}$ ) на единицу продукции выпускаемой на стареющей станке в зависимости от объема производства ( $X_{\text{ст}}$ ) или срока эксплуатации ( $T_{\text{ст}}$ ). Убедимся, что при объеме выпуска в 140000 единиц продукции, минимум полных затрат на единицу продукции равен

$$C_{\min \text{ ст}} = \frac{2000000}{140000} + 0,0000000031 \times (140000 - 123000)^2 + 63 = 78,18 \text{ руб./ед.},$$

Объем продукции при котором образуется минимум полных затрат на единицу продукции называется оптимальным ( $X_{\text{opt ст}} = 140000$  ед.). Оптимальный срок эксплуатации соответственно  $T_{\text{opt ст}} = 14$  лет.

$$(T_{\text{opt ст}} = X_{\text{opt ст}} / q = 140000 / 10000 = 14).$$

На рисунках 3 и 4 величина минимума затрат показана в виде равных отрезков  $C_{\min \text{ ст}} = ND = N_1 D_1 = N_{14} D_{14} = 78,18$  руб. Срок эксплуатации стареющего станка равен отрезку  $ON$  т.е.  $X_{\text{opt ст}} = ON = 14$  лет

Сумма амортизации на единицу продукции стареющей техники равна  $a_{\text{ст}} = \text{Ц}_{\text{ст}} / T_{\text{opt ст}} = 2\,000\,000 / 140\,000 = 14,3$  руб./ед.

Рассчитаем средние темпы снижения полных затрат при смене модели стареющего станка на 6 моделей новых станков, которые имеют следующие исходные данные:

1. Годовой объем производства каждого нового станка равен годовому объему производства старого станка т.е.  $q_{\text{н}} = 10\,000$  шт. (принято для упрощения)

2. Предполагается, что на новых станках выпускается точно такая же продукция, что и на старом. Такое упрощение необходимо, чтобы избежать в дальнейшем сравнения затрат, (цен), выпускаемой разной (не точно такой же) продукции на старом и новом (на разных) станках.

3. В моделях всех 6-ти новых станков заложены более высокие затраты на их производство, чем затраты на производство старого станка.  $\text{Ц}_{\text{н}} > \text{Ц}_{\text{ст}}$ . Для упрощения, они одинаковы для всех 6 типов новых станков, и равны  $\text{Ц}_{\text{н}} = 2\,200\,000$  рублей. Рост затрат составляет 10% относительно затрат на производство старых станков. Увеличение стоимости новых средств производства происходит из-за внедрения в новую технику новейших достижений науки и техники, которые требуют значительных средств.

4. Коэффициенты  $1/n_{\text{н}}$  и  $M_{\text{н}}$  для всех моделей новых станков одинаковы и равны коэффициентам модели стареющей техники.  $M_{\text{н}} = M_{\text{ст}}$ ,  $1/n_{\text{н}} = 1/n_{\text{ст}}$ .

Каждый из 6 типов новых станков может произвести смену старого станка в любой год из расчетного оптимального срока эксплуатации старого станка ( $T_{\text{opt ст}} = 14$  лет).

Расчеты среднего темпа снижения полных средних затрат будем проводить методом параметрирования, когда изменяется только один параметр  $B_{\text{н}}$ , в математической модели нового станка, который наиболее значительно влияет на величину затрат единицы продукции выпускаемой на новой технике. В расчетах все 6 моделей новых станков имеют более высокую производительность

относительно старого станка и, соответственно, имеют более низкие затраты на единицу выпускаемой продукции, что выражается большей долей снижения коэффициента переменных затрат  $V_n$ . На 1-ом станке  $V_n=0,7V_{ст}$ . На 2-ом  $V_n = 0,6V_{ст}$ . На 3-ем  $V_n=0,5V_{ст}$ . На 4-ом  $V_n = 0,4V_{ст}$ . На 5-ом  $V_n = 0,3V_{ст}$ . На 6-ом  $V_n=0,25V_{ст}$ .

Другие параметры не будут учитываться, так как имеют не слишком большое влияние на величину снижения средних полных затрат единицы продукции.

Функция изменения полных затрат нового более прогрессивного станка представляется в виде формулы (2).

$$C_{\min \text{ н } \Delta A_{ст}} = \frac{Ц + \Delta A_{ст}}{X_{opt \text{ н } \Delta A_{ст}}} + \frac{1}{n} \times (X_{opt \text{ н } \Delta A_{ст}} - M)^2 + B$$

По технико-экономическим данным модели стареющего станка и для каждой модели нового, сменяющего его станка найдем средние темпы снижения полных затрат по формуле 3.

$$T_{\text{темп}} = (C_{\min \text{ ст}} - C_{\min \text{ н } \Delta A_{ст}}) / (T_{\text{факт ст}} + T_{opt \text{ н}})$$

Для более подробного представления и сравнения снижения фактических издержек производства и средних темпов снижения полных затрат образующихся при смене станков рассчитаем и построим углы наклона средних темпов снижения полных затрат, когда модель нового станка имеет максимальное и минимальное значения коэффициента  $V$ , а смена станков проводится сначала в планируемый срок, когда на стареющем средстве производства достигается минимум затрат на единицу выпускаемой продукции, а потом смена стареющего станка проводится до срока плановой замены, сразу после 1 года его эксплуатации. Такой выбор обуславливается тем, что коэффициент  $V_n=0,7$  является наименее снижающим затраты единицы выпускаемой продукции, а коэффициент равный  $V_n=0,25$  наиболее снижающий затраты. Срок плановой смены станков  $T_{opt \text{ ст}}$  является максимальным сроком, а срок досрочной смены равный одному году – минимальным сроком смены станков. Значения средних темпов снижения затрат рассчитанных по этим параметрам являются предельными для выбранного диапазона числовых значений, все остальные величины средних темпов снижения затрат будут являться промежуточными среди полученных результатов.

Покажем на числовом примере алгоритм расчета среднего темпа снижения затрат при смене средств производства. В графическом виде расчет показан на рисунках 3 и 4.

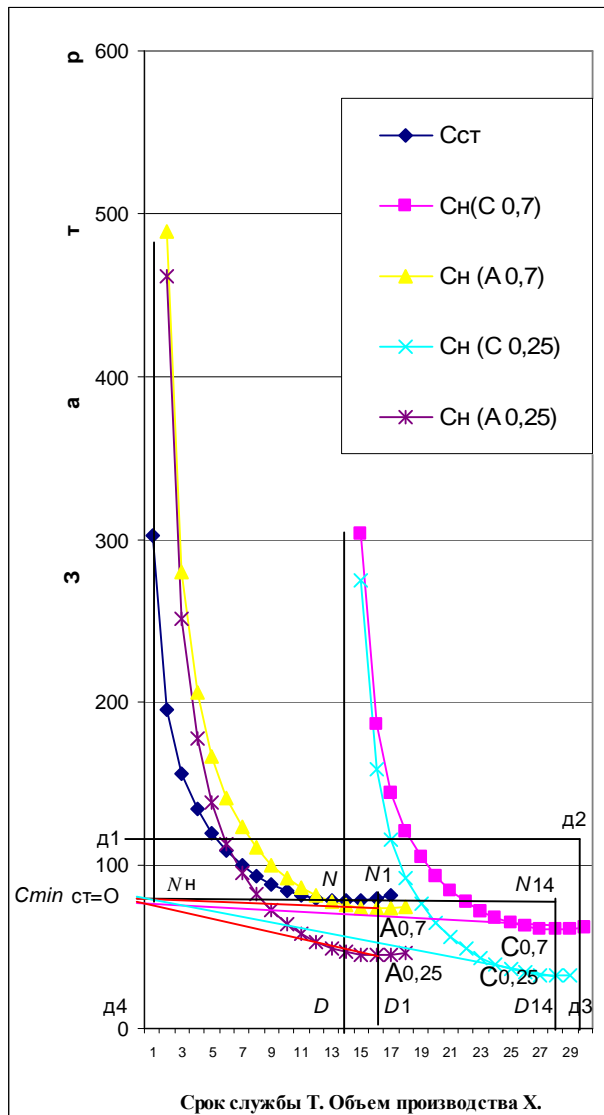
Проведем расчеты для коэффициента, который минимально снижает переменные затраты и равного  $V_n=0,7V_{ст}$ .

Предположим, что в запланированный срок, стареющий станок меняется на новый станок, обладающий улучшенными технико-экономическими характеристиками. Его коэффициент снижения переменных затрат равен  $V_n=0,7V_{ст}$ . Также как и для стареющего станка, последовательно подставляя в формулу 2 значения объема производства от 0 до 150000 единиц выпуска, построим график снижения издержек производства ( $C_n(C,0,7)$ ) на единицу



продукции выпускаемой на новом станке в зависимости от объема производства ( $X_n$ ) или срока эксплуатации ( $T_n$ ).

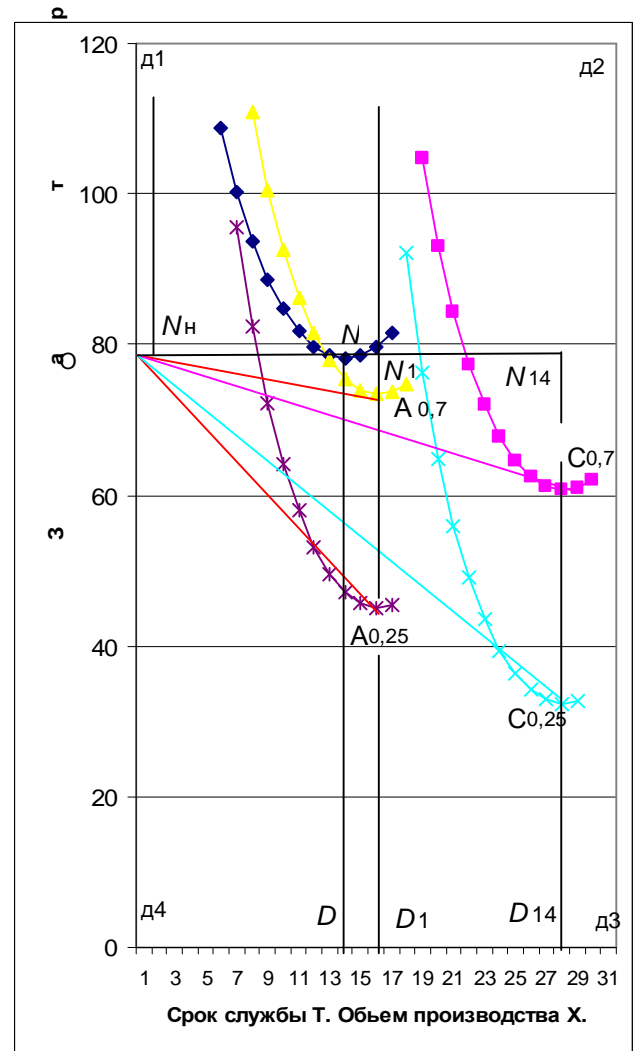
Найдем минимум затрат на единицу продукции выпускаемой на новом станке, который образуется при оптимальном объеме производства равном  $X_{opt} = 140000$  единиц или при оптимальном сроке службы нового станка равном  $T_{opt} = 14$  лет.



**Рисунок 3** – Определение максимальных средних темпов снижения затрат при коэффициентах снижения переменных затрат равных  $B_n=0,7V_{ст}$  и  $B_n=0,25V_{ст}$

$$C_{min\ n} = \frac{2000000}{140000} + 3,1 \times 10^9 \times (140000 - 123000)^2 + 0,7 \times 63 = 60,71 \text{ руб.}$$

На рисунке 3 и более подробно на рисунке 4 величина  $C_{min\ n}$  показана в виде отрезка  $C_{0,7}D_{14}$  т.е.  $C_{min\ n} = C_{0,7}D_{14} = 60,71$  руб., оптимальный срок службы нового станка  $T_{opt\ n}$  равен отрезку  $NN_{14}$ , т.е.  $T_{opt\ n} = NN_{14} = 14$  лет.



**Рисунок 4**– Область (d1 d2 d3 d4), выделенная на рисунке 3.

Средний темп снижения полных затрат равен  
 $T_{\text{емп}} = \text{tg} \angle C_{0,7}ON_{14} = (N_{14}D_{14} - C_{0,7}D_{14}) / (ON + NN_{14}) = N_{14}C_{0,7} / ON_{14} =$   
 $= (78,18 - 60,71) / (14 + 14) = 0,624.$

Предположим, что смена старого станка проводится после первого года его эксплуатации, т.е. задолго до срока его плановой смены. Новый станок имеет прежний коэффициент снижения переменных затрат  $V_n = 0,7V_{\text{ст}}$ . На рисунках 3 и 4 фактический срок службы старого станка равен  $T_{\text{факт ст}} = ON_n = 1$  год. Построим график снижения издержек производства ( $C_n(A_{0,7})$ ) на единицу продукции подставляя в формулу значения объема производства от 0 до 160000 единиц выпуска с учетом переноса недоамортизированной стоимости стареющего станка на новый станок. Минимальные затраты на единицу продукции выпускаемой на новом станке будут равны

$$C_{\text{min н}} \Delta_{\text{Аст}} = \frac{2000000 + ((14 - 1) \cdot 14,3 \cdot 10000)}{150000} + 3,1 \cdot 10^9 \cdot (150000 - 123000)^2 + 0,7 \cdot 63 = 73,41 \text{ р.}$$

Оптимальный объем производства нового станка равен  $X_{\text{opt}} = 150000$  единиц (штук) продукции, оптимальный срок службы равен  $T_{\text{opt н}} \Delta_{\text{Аст}} = N_n N_1 = 15$  лет.

Средний темп снижения полных затрат равен  
 $\text{Темп} = \text{tg} \angle A_{0,7}ON_1 = (N_1D_1 - A_{0,7}D_1) / (ON_n + N_n N_1) = N_1 A_{0,7} / ON_1 =$   
 $= (78,18 - 73,41) / (1 + 15) = 0,298$

На рисунках 3 и 4 видно, что если величина снижения переменных затрат нового станка относительно старого станка составляет  $V_n = 0,7V_{\text{ст}}$ , то линия среднего темпа снижения затрат образующаяся в момент досрочной смены, после 1 ого года эксплуатации старого станка,  $OA_{0,7}$  расположена выше линии среднего темпа снижения затрат  $OC_{0,7}$ , когда смена средств производства происходит в точке планирования, т.е. после 14 го года эксплуатации старого станка, когда затраты на единицу продукции выпускаемой на старом станке достигают своего минимума. Плановый средний темп снижения затрат равный  $\text{tg} \angle C_{0,7}ON_{14}$  больше среднего темпа снижения затрат, образующегося при досрочной смене стареющего станка (через 1 год его эксплуатации) и равного  $\text{tg} \angle A_{0,7}ON_1$ .

$$\text{tg} \angle C_{0,7}ON_{14} = 0,624 > \text{tg} \angle A_{0,7}ON_1 = 0,298$$

Или угол снижения затрат при планируемой смене  $C_{0,7}ON_{14}$  больше угла  $A_{0,7}ON_1$ , являющегося средним темпом снижения затрат при досрочной смене станков. В этом случае досрочная смена станков экономически неэффективна.

Проведем расчеты для максимального коэффициента снижения переменных затрат равного  $V_n = 0,25V_{\text{ст}}$ .

Предположим, что новый станок имеет коэффициент снижения переменных  $V_n = 0,25V_{\text{ст}}$ . Смена стареющего станка производится в запланированный срок  $T_{\text{пл}} = T_{\text{факт ст}} = T_{\text{opt ст}} = 14 = ON$ . Используя формулу 2 построим график снижения издержек производства ( $C_n(C_{0,25})$ ) на единицу продукции в диапазоне от 0 до 150 000 единиц выпуска. Переноса недоамортизированной стоимости старой техники на новую нет, так как смена производится в запланированный срок. Минимальные затраты на единицу продукции будут равны.

$$C_{\text{min н}} = C_{0,25}D_{14} = \frac{2000000 + 0}{140000} + 3,1 \times 10^9 \times (140000 - 123000)^2 + 0,25 \times 63 = 32,36 \text{ руб.},$$

когда объем производства станет равным  $X = 140000$  единиц. На рисунках 3 и 4

оптимальный срок службы нового станка равен  $T_{opt} = NN_{14} = 14$  лет, оптимальный объем производства  $X_{opt} = 140000$  единиц (штук).

Средний темп снижения затрат  $Темп = tg \angle C_{0,25} ON_{14} = (N_{14} D_{14} - C_{0,25} D_{14}) / (ON + NN_{14}) = C_{0,25} N_{14} / ON_{14} = (78,18 - 32,36) / (14 + 14) = 1,636$

Предположим, что новый станок производит смену стареющего станка досрочно, через 1 год его эксплуатации.  $T_{факт ст} = 1 \text{ год} = ON_n$ . См. рисунки 3 и 4.

Построим график снижения издержек производства ( $C_n(A_{0,25})$ ) на единицу продукции подставляя в формулу 2 значения объема производства от 0 до 160000 единиц выпуска с учетом переноса недоамортизированной стоимости стареющего станка на новый станок. Минимальные затраты на единицу продукции выпускаемой на новом станке будут равны

$$C_{min} \text{ н } \Delta A_{ст} = A_{0,25} D_1 = \frac{2000000 + ((14 - 1) \times 14,3 \times 10000)}{150000} + 3,1 \times 10^9 \times (150000 - 123000)^2 + 0,25 \times 63 = 45,06 \text{ руб/ед.}$$

Оптимальный срок службы нового станка равен  $T_{opt} = N_n N_1 = 15$  лет, оптимальный объем производства  $X_{opt} = 150000$  единиц (штук).

Средний темп снижения затрат равен  $Темп = tg \angle A_{0,25} ON_1 = (N_1 D_1 - A_{0,25} D_1) / (ON_n + N_n N_1) = N_1 A_{0,25} / ON_1 = (78,18 - 45,06) / (1 + 15) = 2,07$

Из расчетов следует и на рисунках 3 и 4 видно, что если величина снижения переменных затрат нового станка относительно старого станка составляет  $B_n = 0,25 B_{ст}$ , то линия среднего темпа снижения затрат в момент досрочной смены, после 1 ого года эксплуатации старого станка,  $OA_{0,25}$  расположена ниже линии среднего темпа снижения затрат  $OC_{0,25}$ , когда смена средств производства происходит в точке планирования, т.е. после 14 го года эксплуатации старого станка, когда затраты на единицу продукции выпускаемой на старом станке достигают своего минимума. Это означает, что досрочная смена стареющего станка экономически эффективна и целесообразна.

Этот вывод не противоречит тому, что величина минимума затрат на единицу продукции  $C_{min} \text{ н } = A_{0,25} D_1$  при досрочной смене станков больше чем величина минимума затрат  $C_{min} \text{ н } = C_{0,25} D_{14}$  на единицу продукции при планируемой смене т.е.

$$A_{0,25} D_1 > C_{0,25} D_{14}.$$

Ко времени достижения минимума затрат определяемого досрочной сменой станков (точка  $A_{0,25}$  на рисунках 3,4) вполне вероятно ожидать появления новой еще более совершенной техники, уже третьего поколения, которая еще более снизит затраты на единицу выпускаемой продукции и ко времени достижения минимальных затрат определяемых планируемой сменой станков (точка  $C_{0,25}$  на рисунках 3 и 4) затраты окажутся ниже чем минимальные затраты на единицу продукции равные  $C_{min} \text{ н } = C_{0,25} D_1$ .

Аналогично проведем расчеты среднего темпа снижения полных затрат для остальных моделей новых станков, с заданными величинами коэффициента  $B_n$ . Полученные результаты ( $Темп$ ) сведем в таблицу 2.

Для анализа данных таблицы 2 на рисунке 5 построим графики средних темпов снижения затрат, которые зависят от двух параметров: от времени смены стареющего станка  $T_{факт ст}$ , и от величины коэффициента снижения затрат

Таблица 2

Тфакт ст или год смены	$V_n=0,7$	$V_n=0,6$	$V_n=0,5$	$V_n=0,4$	$V_n=0,3$	$V_n=0,25$
1	2	3	4	5	6	7
1	0,298	0,714	1,086	1,480	1,873	2,070
2	0,337	0,728	1,078	1,449	1,819	2,004
3	0,371	0,741	1,071	1,421	1,771	1,946
4	0,402	0,752	1,065	1,396	1,728	1,894
5	0,429	0,762	1,059	1,374	1,689	1,847
6	0,454	0,771	1,054	1,354	1,654	1,804
7	0,477	0,779	1,049	1,336	1,622	1,765
8	0,497	0,787	1,045	1,319	1,593	1,726
9	0,538	0,827	1,041	1,304	1,566	1,698
10	0,558	0,835	1,083	1,345	1,608	1,739
11	0,576	0,843	1,080	1,332	1,584	1,710
12	0,593	0,849	1,078	1,320	1,563	1,684
13	0,609	0,856	1,076	1,309	1,543	1,659
14	0,624	0,862	1,074	1,299	1,524	1,636

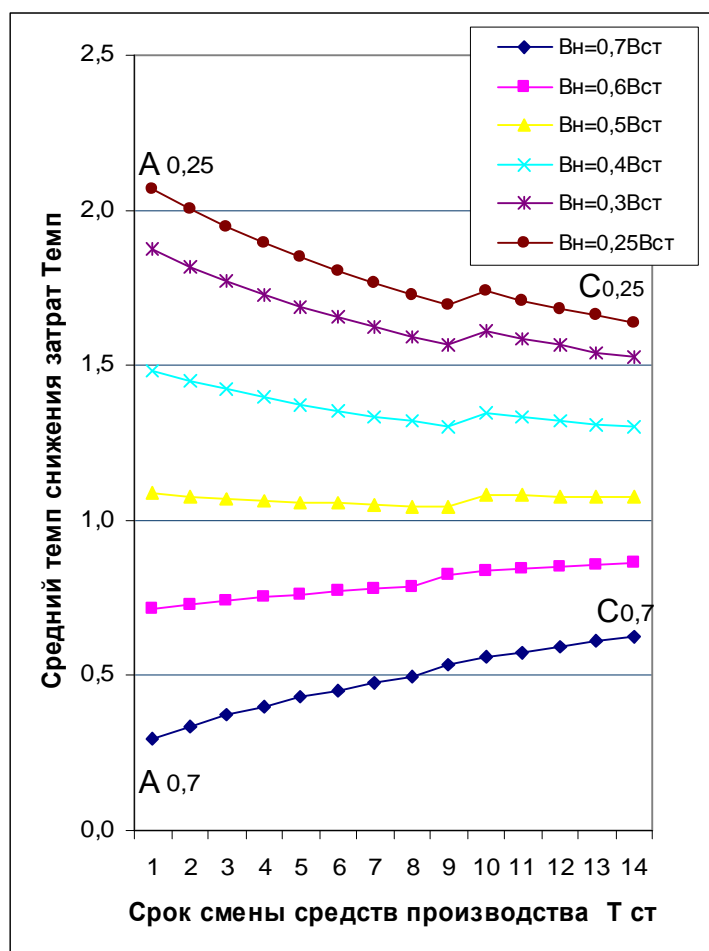


Рисунок 5 – Средние темпы снижения затрат

нового станка  $V_n$ .

Из графиков на рисунке 5, которые напоминают развернутый веер, видно, что если коэффициенты снижения затрат новой техники имеют величины  $V_n=0,7V_{ст}$ ,  $V_n=0,6V_{ст}$ ,  $V_n=0,5V_{ст}$ , то максимальный темп снижения затрат остается в точке планируемой смены старого станка  $T_{opt ст}=T_{пл}$ , т.е. в момент времени, когда достигаются минимальные затраты на единицу выпускаемой продукции. При таких коэффициентах снижения переменных затрат, чем раньше будет создан новый станок и будет возможна смена старого станка тем менее она будет эффективна. В этом случае смена стареющего оборудования должна быть отложена до достижения срока плановой смены ( $T_{opt ст}=T_{пл}$ ).

С более значительным уменьшением коэффициента снижения переменных затрат единицы продукции на новых станках, достигающих величин  $V_n=0,4V_{ст}$ ,  $V_n=0,3V_{ст}$ ,  $V_n=0,25V_{ст}$  досрочная смена стареющего станка из невыгодной и неэффективной становится и выгодной, и эффективной. Темп снижения затрат при досрочной смене стареющих средств производства становится всегда выше темпа снижения затрат, чем в точке планируемой смены средств производства. В этом случае, чем раньше будет создан такой новый станок, и чем раньше произойдет смена стареющих станков, тем более высокий средний темп снижения затрат обеспечивает досрочная смена станков и более эффективна становится эксплуатация новых средств производства.

Из рисунка 5 отчетливо видно, что вместо точки оптимальной смены средств производства мы нашли зону оптимальной смены средств производства, которая образуется при достижении коэффициентом  $V_n$  значений меньших чем 0,5, например,  $V_n=0,4$ , и меньше. В этом случае смена средств производства в любой год из 14 лет эксплуатации стареющего станка (средства производства) становится экономически эффективной. Переход от области неэффективной досрочной смены, когда  $(0,5V_{ст} < V_n < 0,7V_{ст})$ , к области эффективной досрочной смены средств производства, когда  $(0,25V_{ст} < V_n < 0,5V_{ст})$  происходит скачкообразно и зависит, главным образом, от коэффициента снижения переменных затрат на единицу продукции  $V_n$ , а не от момента времени смены станков.

Как видно из графиков средних темпов снижения затрат построенных при досрочной смене стареющих средств производства экономически эффективная смена может проводиться только при значительном сокращении затрат на единицу выпускаемой продукции. Сокращение должно достигать свыше 50% от затрат на единицу продукции, выпускаемой на старой технике. Для современного уровня темпов развития техники такие величины снижения затрат на единицу продукции недостижимы, поэтому основным временем смены средств производства является время планируемой смены техники.

Впрочем, есть одна бурно развивающаяся отрасль производства, в которой возможна досрочная смена техники. Это отрасль высоких технологий - вычислительная техника, компьютеры, системы телекоммуникаций. Темп её развития настолько высок, что через 3-4 года техника считается безнадежно устаревшей. Смена компьютеров производится по «здравому смыслу», и без расчетов экономической эффективности.

Список использованных источников:

1. Макконнелл Кембел Р., Брю Стенли Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика. т.2. Москва. Изд-во «Республика» 1993 г.
2. Новожилов В.В. Методы определения оптимальных сроков службы средств труда. Ленинградский инженерно-экономический институт. Труды Вып.44.
3. Когут А.Е., Новожилов В.И. Выбор экономичных параметров машин при конструировании. Ленинград. «Машиностроение» 1974 г.
4. Концепция по управлению основными фондами и диагностическому обслуживанию объектов добычи и переработки газа. ООО «ВНИИГАЗ» 2006 г.  
Н.А. Гафаров, М.Г. Гейхман, И.Б. Лобанов, А.В. Коваленко, В.В. Харионовский, В.И. Городниченко, В.Е. Грязин, М.В. Чубунов, В.А. Алкаева, М.А. Широков, Д.А. Колпаков, Мальцев В.В., С.Н. Кликушин.