Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АСУТП С УЧЁТОМ НЕУПОРЯДОЧЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания к практическим работам по дисциплине
«Управление системами и процессами»
для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»,

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

1. Общие положения

Результаты, полученные при детерминированном расчёте экономической эффективности, справедливы лишь при условии абсолютной упорядоченности производства, т. е. его абсолютной стабильности. Абсолютно стабильных технологических процессов в реальном производстве нет, так как последние подвержены воздействию многих случайных факторов, вызывающих изменение свойств как объектов производства, так и организационных процессов управления ими. Нестабильность производства всегда приводит к уменьшению расчётного экономического эффекта, получаемого от внедрения СУ.

В качестве обобщённого критерия эффективности работы СУ, который учитывает нестабильность производства, принимают неупорядоченность системы r_n [3]. При этом за основу оценки r_n берут отклонение контролируемой переменной от её оптимального значения. В качестве переменной величины обычно принимают производительность обработки, объём выпущенной продукции, прибыль (годовой доход) предприятия.

2. Влияние неупорядоченности производства на экономическую эффективность АСУТП

В теории информации мера неопределённости сопоставляется с термодинамическим понятием энтропии, а количество информации равно уменьшению этой неопределённости.

Из статистической физики известно [4], что для систем, состоящих из большого числа элементов, справедливо соотношение

$$S = a \cdot \ell n \; r_n , \qquad (19)$$

где S – энтропия; a – постоянная; r_n – неупорядоченность системы.

Энтропия системы, предоставленной самой себе, возрастает, т. е. в естественных условиях система стремится к беспорядку. Противостоять нарастанию беспорядка могут только процессы управления.

Процесс управления – это по существу борьба с неупорядоченностью, а управление – это переработка и использование информации с выдачей управляющих воздействий [5].

Неупорядоченность системы приводит к снижению эффективности её использования. Поэтому можно считать, что эффективность системы

$$Э = Э_{max}\left(1 - f(r_n)\right), \tag{20}$$

где $Э_{max}$ – эффективность идеально работающей системы; $f(r_n) = r_{n_0} \cdot e^{-I/I_0}$ – некоторая функция, изменение аргумента которой ведёт к изменению неупорядоченности и, в конечном итоге, эффективности системы.

Тогда получим

$$Э = Э_{max}\left(1 - r_{n_0} \cdot e^{-I/I_0}\right), \tag{21}$$

где r_{n_0} – неупорядоченность системы при её исходном состоянии; I_0, I – количество перерабатываемой информации до и после проведения мероприятий по снижению неупорядоченности производства.

Так как в качестве критерия эффективности системы может быть использован любой производственный показатель, примем для наглядности в качестве критерия эффективности Э годовую прибыль предприятия. Считается, что стоимость СУ, реализующей сбор и преобразование управляющей информации, пропорциональна количеству информации [2]. Обозначим через К стоимость СУ. Тогда выражение (21) примет вид

$$Э = Э_{max}\left(1 - r_{n_0} \cdot e^{-К/К_0}\right). \tag{22}$$

Усложнение СУ, связанное с дополнительным капиталовложением dК, даёт прирост эффективности системы dЭ.

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений

$$Т_{ок} = \frac{dК}{dЭ}. \tag{23}$$

Тогда из зависимости (22), учитывая, что $r_n = r_{n_0} \cdot e^{-К/К_0}$ и при $Т_{ОК_О}$ К = 0, находим новый срок окупаемости затрат

$$Т'_{ОК} = Т_{ОК_О} \cdot \frac{r_{n_0}}{r_n}, \tag{24}$$

где $Т_{ОК_О}$ – срок окупаемости дополнительных средств, вкладываемых при исходном состоянии системы (при неупорядоченности r_{n_0}), рассчитанный детерминированным методом.

Таким образом, из выражения (24) видно, что срок окупаемости обратно пропорционален неупорядоченности r_n.

3. Методика расчёта экономической эффективности АСУТП с учётом неупорядоченности производства

Данная методика определяет порядок расчёта прибыли и срока окупаемости АСУТП при снижении неупорядоченности производства, которое обеспечено модернизацией СУ.

В реальном технологическом процессе, в силу его сложности и многогранности, постоянно происходят отклонения фактических характеристик и параметров от их теоретически рассчитанных значений.

Выберем за контролируемый параметр объём выпускаемой продукции. Вычислим разницу между теоретически рассчитанным и фактически выпущенным объёмом продукции:

$$\Delta B = \frac{B'}{100\%} \cdot A, \tag{25}$$

где А – объём недовыпущенной относительно плановых расчётов продукции, %.

Тогда неупорядоченность производственной системы, влияющая на объём выпускаемой продукции,

$$r_{n_0} = \frac{\Delta B}{B'}. \tag{26}$$

Уменьшить неупорядоченность производственной системы можно путём модернизации старой или внедрениям новой, более совершенной СУ.

По несколько изменённой зависимости (5) находим дополнительные годовые затраты на модернизацию системы

$$C_{с_д} = \left(S_{n_д} + S_{об_д}\right)/T + S_{экс_д},$$

где $S_{n_д}$ – дополнительные затраты на проектные работы:

$$S_{n_д} = \frac{S_n}{100\%} \cdot A_1; \tag{27}$$

$S_{об_д}$ – дополнительные капиталовложения (затраты на оборудование):

$$S_{об_д} = \frac{S_{об}}{100\%} \cdot A_2, \tag{28}$$

где A_1, A_2 – соответственно доля стоимости проектных работ и новых или изменённых узлов оборудования при модернизации СУ, %.

По зависимости (6) находим дополнительные эксплуатационные затраты:

$$S_{экс_д} = S'_{з.п_д} + S_{а.ф_д} + S_{э_д} + S_{к.м_д}.$$

Учитывая, что эффективность системы зависит от количества обрабатываемой в ней информации, которая пропорциональна величине капиталовложений [3], определим фактически получаемую прибыль с учётом неупорядоченности производственной системы (22):

$$P = P'_{max}\left(1 - r_{n_0} \cdot e^{-K/K_0}\right),$$

где P'_{max} – прибыль (эффективность), рассчитанная детерминированным методом, руб.

Для определения прибыли рассчитаем неупорядоченность производства с учётом модернизации СУ:

$$r_n = r_{n_0} \cdot e^{-K/K_0}, \tag{29}$$

где К, $К_0$ – соответственно дополнительные затраты на модернизацию и затраты на создание и эксплуатацию старой СУ, руб.

Срок окупаемости модернизированной системы

$$T'_{ок} = T_{ок_0} \frac{r_{n_0}}{r_n}, \tag{30}$$

где $T_{ОК_0}$ – срок окупаемости затрат, т. е. время, к истечению которого $К + К_0 = 0$.

Срок окупаемости затрат на систему с учётом дополнительных затрат

$$T_{ОК_0} = \left(S_n + S_{n_д} + S_{об} + S_{об_д}\right) / \left(P'_{max} - \left(S_{экс} + S_{экс_д}\right)\right). \tag{31}$$

С учётом неупорядоченности производства окончательно срок окупаемости затрат на создание и эксплуатацию системы определяем по зависимости (30).

4. Пример расчёта экономической эффективности АСУТП с учётом неупорядоченности производства

Требуется определить прибыль от модернизации и срок окупаемости затрат на СУ в случае её модернизации и с учётом неупорядоченности производства.

В результате внедрения СУ по условиям практического занятия № 2 фактический объём выпуска продукции оказался на 10 % меньшим рассчитанного детерминированным методом (А = 10 %). Это объясняется периодическим контролем качества изделий с прекращением работы основного технологического оборудования, незапланированными остановками оборудования и действием других производственных факторов. Таким образом, потери объёма производства по зависимости (25):

$$\Delta B = \frac{1{,}15 \cdot 10^7}{100\%} \cdot 10\% = 1{,}15 \cdot 10^6 \text{ шт.},$$

а неупорядоченность производственной системы по зависимости (26)

$$r_{n_0} = \frac{1{,}15 \cdot 10^6}{1{,}15 \cdot 10^7} = 0{,}1.$$

Модернизация системы путём организации обратной связи позволит осуществлять контроль качества изделий и корректировку технологического процесса во время его функционирования, т. е. можно будет вести речь о синхронном управлении в реальном времени [2].

Пусть плановый объём выпускаемой продукции, заработная плата и численность обслуживающего систему персонала остались прежними (в соответствии с практическим занятием № 2). Проектные работы по модернизации системы увеличились на 25 %, стоимость нового оборудования составила 30 % от стоимости оборудования старой СУ, а годовые затраты на коммунальные услуги увеличились на 0,5 тыс. руб.

По зависимости (27) дополнительные затраты на проектные работы

$$S_{n_д} = \frac{80}{100\%} \cdot 25\% = 20 \text{ тыс. руб.},$$

а по зависимости (28) дополнительные затраты на оборудование

$$S_{об_д} = \frac{160}{100\%} \cdot 30\% = 48 \text{ тыс. руб.}$$

По зависимости (7) находим

$$S_{а.ф_д} = 48\ (0{,}02 + 0{,}06) = 3{,}84 \text{ тыс. руб.}$$

Учитывая, что $S_{э_д} = 0{,}5$ тыс. руб., а $S'_{з.п_д}$ и $S'_{к.м.}$ не изменились, по зависимости (6) $S_{экс_д} = 3{,}84 + 0{,}5 = 4{,}34$ тыс. руб.

Таким образом, по зависимости (5) годовые затраты на модернизацию системы

$$C_{сд} = (20 + 48) / 7 + 4{,}34 = 14{,}1 \text{ тыс. руб.}$$

Учитывая, что данное увеличение капитальных вложений в весьма малой степени влияет на себестоимость изделий ($\Delta S'_{i_д} \approx 0{,}04 \cdot 10^{-2}$ руб.), максимально возможную полученную прибыль берём из отчёта по занятию № 2, а прибыль с учётом неупорядоченности производства рассчитываем по зависимости (22):

$$P = 169{,}5\left(1 - 0{,}1 \cdot e^{-14{,}1/76{,}5}\right) = 155{,}4 \text{ тыс. руб.}$$

Неупорядоченность производства с учётом модернизации СУ, по зависимости (29)

$$r_n = 0{,}1 \cdot e^{-14{,}1/76{,}5} = 0{,}083.$$

Срок окупаемости затрат на систему с учётом дополнительных затрат по зависимости (31)

$$T_{ОК_0} = (100+208)/(169{,}5 - 46{,}54) = 2{,}5 \text{ года};$$

с учетом неупорядоченности производства окончательно получаем по зависимости (30):

$$T_{ОК} = 2{,}5 \cdot \frac{0{,}1}{0{,}083} = 3{,}01 \text{ года.}$$

Таким образом, учёт неупорядоченности любой системы ведёт к уменьшению рассчитанного детерминированным методом значения её эффективности и увеличению срока окупаемости затрат на её создание и эксплуатацию.

После расчёта прибыли и срока окупаемости затрат на модернизированную систему управления проверяют правильность полученных результатов с помощью ЭВМ по программе МРОМ3 (приложения 1, 4), а распечатку результатов по заданию № 3 представляют вместе с отчётом преподавателю.

5. Задание к практическому занятию № 3

Задание: определить прибыль от модернизации АСУТП и срок окупаемости затрат на неё. Значения А, $А_1$, $А_2$ выбирают из табл. 8 согласно номера варианта, заданного преподавателем, остальные необходимые для расчёта величины – из параграфа 4.4. Окончательные результаты, выраженные в денежных единицах, умножаются на коэффициент $К_и = 30$.

8. Данные для практического занятия

№ варианта	Объём недовыпущенной относительно плановых расчётов продукции А, %	Доля стоимости проектных работ при модернизации системы $А_1$, %	Доля стоимости дополнительных затрат на оборудование при модернизации системы $А_2$, %
1 (16)	5(15)	25 (30)	30 (40)
2(17)	5(15)	25 (30)	35 (30)
3 (18)	5(15)	25 (30)	40 (35)
4 (19)	5(15)	30 (35)	30 (40)
5 (20)	5(15)	30 (35)	35 (30)
6 (21)	10 (5)	30 (35)	40 (35)
7 (22)	10 (5)	35 (25)	30 (40)
8 (23)	10 (5)	35 (25)	35 (30)
9 (24)	10 (5)	35 (25)	40 (35)
10 (25)	10 (5)	25 (30)	30 (40)
11 (26)	15	25 (30)	35 (30)
12 (27)	15	25 (30)	40 (35)
13 (28)	15	30 (35)	30 (40)
14 (29)	15	30 (35)	35 (30)
15 (30)	15	30 (35)	40 (35)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайрадян Л. С. Надёжность автоматизированных систем управления / Л. С. Вайрадян, Ю. Н. Федосеев; Под ред. Я. А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М.: МИФИ, 1974.

2. Вальков В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.

3. Трапезников В. А. Автоматическое управление и экономика // Автоматика и телемеханика. – 1966. № 1. – С. 5 – 22.

4. Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия / Г. Н. Алексеев. – М.: Знание, 1988. – 192 с.

5. Смирнов С. В. Управление машиностроительным предприятием / С.В. Смирнов, С. Н. Ефимушкин, А. А. Колобов / Под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.

6. Родионов Б. Н. Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / Б. Н. Родионов, Н. А. Соломатин, Л. Г. Осадчий / Под ред. Б. М. Родионова. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

7. Советов Б. Я. Автоматизированное управление современным предприятием / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 168 с.

8. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учебник в 2 ч. Ч. 1. Организация и управление машиностроительным предприятием / Под ред. В. А. Летенко, Б. М. Родионова. – М.: Высшая школа, 1979. – 296 с.

9. Худобин Л. В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах: Учебное пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. – Ульяновск: УлГТУ, 1995. – 80 с.

10. Гурьянихин В. Ф. Проектирование технологических процессов обработки заготовок в ГПС: Учебное пособие / Под ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлПИ, 1994. – 108 с.

11. Рязанов С. И. Технологические процессы отраслей. 4.3. Нормирование и организация технологических процессов: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологические процессы отраслей» для студентов направления 521500 – Менеджмент / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. – Ульяновск: УлГТУ, 1999. – 28 с.