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

# ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

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 2024**

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

## 1. Общие положения

Автоматизированные системы управления технологическими процессами обеспечивают повышение эффективности производства за счёт повышения производительности труда, увеличения объёма производства, улучшения качества выпускаемой продукции, рационального использования основных фондов, материалов и сырья и уменьшения числа работающих на предприятии. Внедрение СУ отличается от обычных работ по внедрению новой техники тем, что оно позволяет перевести производственный процесс на качественно новую ступень развития, характеризуемую более высокой организацией (упорядоченностью) производства [2].

Качественное улучшение организации производства обусловлено значительным увеличением объёма обрабатываемой в СУ информации, резким увеличением скорости её обработки и применением для выработки управляющих решений более сложных методов и алгоритмов, чем те, которые использовали до внедрения АСУТП.

Экономический эффект, получаемый от внедрения одной и той же системы, зависит от уровня организованности производства (стабильности и настроенности технологического процесса (ТП)) до и после внедрения АСУТП, т. е. может быть различным для разных предприятий.

## 2. Основные затраты на создание и эксплуатацию системы управления

Основные затраты на создание СУ состоят, как правило, из затрат на предпроектные и проектные работы $S_п$ и затрат $S_{об}$ на приобретение специального оборудования, устанавливаемого в СУ. При этом в стоимость проектных работ включают помимо расходов, связанных с разработкой проекта, и затраты на разработку математического обеспечения и внедрение СУ, а в стоимость оборудования – помимо стоимости средств управляющей вычислительной техники, устройств подготовки, передачи и отображения информации, стоимость тех узлов технологического оборудования, модернизация или разработка которых вызвана условиями работы оборудования в системе ТП – АСУТП [2]. Кроме за-

трат на создание СУ предприятие несёт ещё и затраты на её эксплуатацию. Таким образом, годовые затраты на СУ [2]

$$C_c = (S_п + S_{об}) / T + S_{экс}, \quad (5)$$

где T – время эксплуатации; обычно T = 5 – 7 лет; $S_{экс}$ – годовые эксплуатационные затраты, руб..

Эксплуатационные затраты на СУ [2]

$$S_{экс} = S'_{з.п} + S_{а.ф} + S_э + S_{к.м}, \quad (6)$$

где $S'_{з.п}$ – годовой фонд заработной платы персонала, обслуживающего СУ, руб.; $S_{а.ф}$ – амортизационные отчисления и плата за фонды, руб.; $S_э$ – затраты на коммунальные услуги (электроэнергию, воду и т.п.), руб.; $S_{к.м}$ – годовые затраты на материалы и комплектующие изделия, руб.

Амортизационные отчисления и плата за фонды [2]

$$S_{а.ф} = \sum_{i=1}^{n} S_{об_i} \left(a_{a_i} + a_ф\right), \quad (7)$$

где $S_{об_i}$ – стоимость оборудования i-го типа, руб.; $a_{a_i}$ – коэффициент амортизационных отчислений по i-му типу оборудования; $a_ф$ – коэффициент отчислений за фонды.

Годовой фонд заработной платы персонала, обслуживающего СУ [2],

$$S'_{з.п} = t_р \cdot \overline{S}'_{з.п}\left(1 + K_{ц.н}\right) \cdot m', \quad (8)$$

где $t_р$ – время работы обслуживающего персонала за год, ч; $S'_{з.п}$ – средняя часовая ставка обслуживающего персонала, руб.; $K_{ц.н}$ – коэффициент цеховых накладных расходов; m′ – численность обслуживающего СУ и специализированные устройства технологического оборудования персонала, чел.

## 3. Методика детерминированного расчёта экономической эффективности АСУТП

Увеличение объёма производства при внедрении СУ связано с увеличением темпа прироста объёма выпускаемой продукции. Объём выпускаемой продукции при внедрении СУ

$$B' = B_в + B_п + B_п', \quad (9)$$

где $B_в$ – объём выпущенной продукции за прошедший год до внедрения СУ, шт.; $B_п$ – планируемый прирост объёма выпускаемой продукции при отсутствии СУ, шт.; $B_п'$ – дополнительное увеличение объёма выпускаемой продукции при внедрении СУ, шт.

Внедрение СУ позволяет улучшить качество продукции и увеличить долю изделий высших сортов или классификационных групп. С учётом увеличения объёма производства прибыль, которую получает предприятие за счёт выпуска

изделий высших сортов или классификационных групп, можно определить по зависимости [2]:

$$P' = \sum_{i=1}^{n} B_i' \cdot P_i' - \sum_{i=1}^{n} \left(B_{в_i} + B_{n_i}\right) \cdot P_i \ , \qquad (10)$$

где $B_i'$ – объём выпускаемой продукции i-й группы после внедрения СУ, шт.; $B_{в_i}$ – объём выпущенной продукции i-й группы за прошедший год до внедрения СУ, шт.; $B_{n_i}$ – планируемый прирост объёма выпускаемой продукции i-й группы при отсутствии СУ, шт.

Прибыль, полученную на единицу продукции без СУ $P_i$ и с ней $P_i'$, вычисляют по формулам:

$$P_i = C_i - S_i \ ; \qquad P_i' = C_i' - S_i' \ , \qquad (11)$$

где $C_i$ и $C_i'$ – соответственно цена единицы продукции при отсутствии СУ и с ней, руб.; $S_i$ и $S_i'$ – соответственно себестоимость единицы продукции при отсутствии СУ и с ней, руб..

Снижение расходов на заработную плату в случае сокращения численности работающих при внедрении СУ [2]

$$S_{с.з.п} = t_{р.с} \cdot \overline{S_{с.з.п.}} \ (1 + К_{ц..н}) \cdot m_с \ , \qquad (12)$$

где $t_{р.с}$ – время работы персонала, подлежащего сокращению, за прошедший год, ч; $\overline{S_{с.з.п.}}$ – средняя часовая ставка сокращённого персонала, руб.; $m_с$ – численность сокращённого персонала, чел.

В этом случае снижение удельных трудовых затрат от внедрения СУ можно определить по зависимости [2]:

$$\Delta S'_{з.п} = \left(1 + К_{з.н}\right) \cdot \left[S_{з.п} / \left(B_в + B_n\right) - S'_{з.п} / B'\right] \ , \qquad (13)$$

где $К_{з.н}$ – коэффициент общезаводских накладных расходов; $S_{з.п}$ – фонд заработной платы с общезаводскими накладными расходами до внедрения СУ, руб., т.е. $S_{з.п} = S'_{з.п} + S_{с.з.п}$.

Снижение удельных затрат на материалы и комплектующие изделия [2]

$$\Delta S'_{к.м} = S_{к.м} / \left(B_в + B_п\right) - S'_{к.м} / B' \ , \qquad (14)$$

где $S_{к.м}$ и $S'_{к.м}$ – соответственно стоимость комплектующих изделий и материалов на планируемый год при отсутствии СУ и с ней, руб..

С учётом затрат на создание и эксплуатацию СУ определяют себестоимость i-го типа изделий после внедрения СУ [2]:

$$S_i' = S_i - \Delta S'_{з.п} - \Delta S'_{к.м} + C_с / B' \ , \qquad (15)$$

а снижение себестоимости изделий i-го типа от внедрения АСУТП

$$\Delta S_i = S_i - S_i' \ . \qquad (16)$$

При отказе СУ предприятие несёт убытки от невыполнения плана реализации. [2]:

$$D_{пр} = \sum_{i=1}^{n} B_{пр_i} \cdot P_i' \left(t'_{пр} / t_{пр}\right),$$

где $B_{пр_i}$ – объём продукции, недовыпущенной из-за простоя СУ, шт.; $t'_{пр}$ – время простоя СУ в течение года во время работы технологического оборудования, ч; $t_{пр}$ – плановое время работы технологического оборудования в году, ч.

Прибыль от внедрения СУ с учётом убытков от её простоев

$$P'_{пр} = \sum_{i=1}^{n} B'_i \cdot P'_i \left(1 - t'_{пр} / t_{пр}\right) - \sum_{i=1}^{n} \left(B_{в_i} + B_{n_i}\right) \cdot P_i \ . \qquad (17)$$

Без учёта уровня общей организованности производства или ТП срок окупаемости затрат на создание и функционирование СУ определяют по формуле:

$$T_{ок} = (S_n + S_{об}) / (P'_{пр} - S_{экс}). \qquad (18)$$

## 4. Пример детерминированного расчёта экономической эффективности внедрения АСУТП

Необходимо определить прибыль от внедрения и срок окупаемости затрат на создание АСУТП на машиностроительном предприятии.

Исходные данные:

| | |
|---|---|
| Предпроектные и проектные затраты $S_n$, руб. | 80 000 |
| Капитальные вложения (стоимость оборудования ) $S_{об}$, руб. | 160 000 |
| Среднее число рабочих часов в году $t_р$, ч | 4220 |
| Длительность эксплуатации СУ Т, лет | 7 |
| Средняя часовая ставка обслуживающего систему персонала $\overline{S'_{з.п}}$, руб. | 0,7 |
| Средняя часовая ставка сокращённого персонала $\overline{S_{с.з.п.}}$, руб. | 0,53 |
| Численность обслуживающего систему персонала m′, чел. | 4 |
| Численность сокращённого персонала $m_c$, чел. | 12 |
| Коэффициент амортизационных отчислений $a_a$ | 0,02 |
| Коэффициент отчислений за фонды $a_ф$ | 0,06 |
| Коэффициент цеховых накладных расходов $К_{ц.н}$ | 1,0 |
| Коэффициент общезаводских накладных расходов $К_{з.н}$ | 1,0 |
| Затраты на коммунальные услуги $S_э$, руб. | 1 900 |
| Затраты на материалы и комплектующие изделия $S_{к.м}$, руб. | 3 900 |
| Себестоимость единицы продукции до внедрения СУ $S_i$, руб. | $8{,}0 \cdot 10^{-2}$ |
| Объём выпущенной продукции за прошедший год до внедрения СУ $B_n$, шт. | $1 \cdot 10^{7}$ |

Планируемый прирост объёма выпускаемой продукции без СУ $B_n$, шт. $5 \cdot 10^5$

Дополнительное увеличение объёма выпускаемой продукции при внедрении СУ $B'_n$, шт. $1 \cdot 10^6$

Окончательные результаты, выраженные в денежных единицах, умножаются на коэффициент $К_и = 30$.

Распределение изделий по классификационным группам представлено в табл. 5.

5. Распределение изделий по группам, %

| Группа | А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|---|
| До внедрения АСУТП | 21,3 | 44,7 | 26,0 | 8,0 |
| После внедрения АСУТП | 14,2 | 42,5 | 31,3 | 12,0 |

Установлены следующие цены на изделия по группам: $C_А = S_А = 8{,}0 \cdot 10^{-2}$ руб., $C_Б = 1{,}2 \cdot S_А$ ; $C_В = 1{,}8 \cdot S_А$; $C_Г = 2{,}5 \cdot S_А$. Цены на изделия до и после внедрения АСУТП не изменяются. Себестоимость всех изделий до внедрения АСУТП – $8{,}0 \cdot 10^{-2}$ руб., после внедрения АСУТП себестоимости изделий всех групп также между собой равны.

**Пример расчёта.**

Затраты на создание системы известны, определим затраты на её эксплуатацию, предварительно вычислив годовой фонд заработной платы персонала, обслуживающего систему управления по зависимости (8):

$$S'_{з.п} = 4220 \cdot 0{,}7 \cdot (1 + 1) \cdot 4 = 23632 \text{ руб.} \approx 23{,}6 \text{ тыс. руб.}$$

Допустим, что для всего оборудования СУ амортизационные отчисления одинаковы, т. е. $a_{a_i} = a_a$. Тогда по зависимости (7)

$$S_{а.ф} = 160\ (0{,}02 + 0{,}06) = 12800 \text{ руб.} = 12{,}8 \text{ тыс. руб.}$$

По зависимости (6) вычислим полный объём затрат на эксплуатацию системы:

$$S_{экс} = 23{,}6 + 12{,}8 + 1{,}9 + 3{,}9 = 42{,}2 \text{ тыс. руб.}$$

Ориентировочные годовые затраты на создание и эксплуатацию системы по зависимости (5)

$$C_с = (80 + 160) / 7 + 42{,}2 = 76485 \text{ руб.} \approx 76{,}5 \text{ тыс. руб.}$$

Объём выпускаемой продукции после внедрения АСУТП вычислим по зависимости (9):

$B' = 1 \cdot 10^7 + 5 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^6 = 1{,}15 \cdot 10^7$ шт.

По зависимости (12) найдём снижение трудовых затрат на производстве:

$S_{с.з.п} = 4220 \cdot 0{,}53\ (1 + 1) \cdot 12 = 53678$ руб. ≈ 53,7 тыс. руб.

Снижение удельных трудовых затрат на внедрение СУ по зависимости (13)

$\Delta S'_{з.п} = (1 + 1)\ [77{,}3 / (1 \cdot 10^7 + 5 \cdot 10^5) - 23{,}6 / 1{,}15 \cdot 10^7] = 1{,}061 \cdot 10^{-2}$ руб.

Внедрение АСУТП в весьма малой степени влияет на удельный расход материалов и комплектующих изделий, поэтому из зависимости (14)

$$\Delta S'_{к.м} = 0.$$

Себестоимость единицы продукции группы А при функционировании СУ по зависимости (15)

$S'_А = 8 \cdot 10^{-2} - 1{,}061 \cdot 10^{-2} - 0 + 76500/1{,}15 \cdot 10^7 = 7{,}6 \cdot 10^{-2}$ руб. и значит согласно задания, $S'_А = S'_Б = S'_В = S'_Г = 7{,}6 \cdot 10^{-2}$ руб.

Снижение себестоимости изделий группы А (16)

$\Delta S_А = 8 \cdot 10^{-2} - 7{,}6 \cdot 10^{-2} = 0{,}4 \cdot 10^{-2}$ руб., следовательно, $\Delta S_А = \Delta S_Б = \Delta S_В = \Delta S_Г = 0{,}4 \cdot 10^{-2}$ руб.

При функционировании СУ изменяются не только себестоимость изделия, но и номенклатурное распределение изделий по группам А, Б, В, Г в % от всего объёма выпускаемых изделий (см. исходные данные, табл. 5). Рассчитаем прибыль по формулам (11) по каждой группе изделий и занесём данные в табл. 6.

6. Результаты расчёта прибыли по группам изделий

| Группа изделий | Цена изделия, руб. | До внедрения СУ | | После внедрения СУ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Количество изделий, шт. | Прибыль $P_i$, руб. | Количество изделий, шт. | Прибыль, $P'_i$, руб. |
| А | $8 \cdot 10^{-2}$ | 2236500 | 0 | 1633000 | $0{,}4 \cdot 10^{-2}$ |
| Б | $9{,}6 \cdot 10^{-2}$ | 4693500 | $1{,}6 \cdot 10^{-2}$ | 4887500 | $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ |
| В | $14{,}4 \cdot 10^{-2}$ | 1730000 | $6{,}4 \cdot 10^{-2}$ | 3599500 | $6{,}8 \cdot 10^{-2}$ |
| Г | $20 \cdot 10^{-2}$ | 840000 | $12 \cdot 10^{-2}$ | 1380000 | $12{,}4 \cdot 10^{-2}$ |

Время простоя СУ при работающем технологическом оборудовании обычно очень мало (менее 1 %) [3], поэтому в зависимости (17) величина $(1 - t'_{пр}/t_{пр}) \approx 1$. Значит, прибыль от внедрения АСУТП можно рассчитать по зависимости (10):

$P' = [(1633000 \cdot 0{,}4 \cdot 10^{-2}) + (4887500 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2}) + (3599500 \cdot 6{,}8 \cdot 10^{-2}) + (1380000 \cdot 12{,}4 \cdot 10^{-2})] - [(2236500 \cdot 0 \cdot 10^{-2}) + (4693500 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-2}) + (2730000 \cdot 6{,}4 \cdot 10^{-2}) + (840000 \cdot 12{,}0 \cdot 10^{-2})] = 169552$ руб. ≈ 169,5 тыс. руб.

Наконец, по зависимости (18) определяем срок окупаемости затрат на создание АСУТП:

$$T_{ок} = (80 + 160) / (169{,}5 - 42{,}2) = 1{,}9 \text{ года},$$

т. е. практически за два года предприятие окупит затраты, понесённые при создании и эксплуатации АСУТП.

После расчёта прибыли и срока окупаемости затрат на создание и эксплуатацию АСУТП проверяют правильность полученных результатов с помощью ЭВМ по программе МРОМ2 (приложения 1, 3), а распечатку результатов по заданию № 2 представляют вместе с отчётом преподавателю.

## 5. Задание к практическому занятию № 2

**Задание:** определить прибыль от внедрения АСУТП и срок окупаемости затрат на неё. Значения Т, $В_в$, $В_n$, $В'_n$ выбирают из табл. 7; остальные данные берут из примера параграфа 3.4.

Задание, согласно номеру варианта по табл. 7, выдаёт преподаватель.

7. Данные для практического занятия № 2

| № варианта | Длительность эксплуатации системы Т, лет | Объём выпущенной продукции за год до внедрения СУ $В_в$, шт. | Планируемый прирост объёма выпускаемой продукции без СУ $В_n$, шт. | Прирост объёма выпускаемой продукции при внедрении СУ $В'_n$, шт. |
|---|---|---|---|---|
| 1(15) | 5 (7) | $1 \cdot 10^7$ ($2 \cdot 10^7$) | $4 \cdot 10^5$ ($5 \cdot 10^5$) | $1 \cdot 10^6$ ($3 \cdot 10^6$) |
| 2(16) | 5 (7) | $1 \cdot 10^7$ ($2 \cdot 10^7$) | $4 \cdot 10^5$ ($5 \cdot 10^5$) | $2 \cdot 10^6$ ($1 \cdot 10^6$) |
| 3(17) | 5 (7) | $1 \cdot 10^7$ ($2 \cdot 10^7$) | $4 \cdot 10^5$ ($5 \cdot 10^5$) | $3 \cdot 10^6$ ($2 \cdot 10^6$) |
| 4(18) | 5 (7) | $1 \cdot 10^7$ ($2 \cdot 10^7$) | $5 \cdot 10^5$ ($6 \cdot 10^5$) | $1 \cdot 10^6$ ($3 \cdot 10^6$) |
| 5(19) | 5 (7) | $1 \cdot 10^7$ ($2 \cdot 10^7$) | $5 \cdot 10^5$ ($6 \cdot 10^5$) | $2 \cdot 10^6$ ($1 \cdot 10^6$) |
| 6(20) | 6 (5) | $2 \cdot 10^7$ ($3 \cdot 10^7$) | $5 \cdot 10^5$ ($6 \cdot 10^5$) | $3 \cdot 10^6$ ($2 \cdot 10^6$) |
| 7(21) | 6 (5) | $2 \cdot 10^7$ ($3 \cdot 10^7$) | $6 \cdot 10^5$ ($4 \cdot 10^5$) | $1 \cdot 10^6$ ($3 \cdot 10^6$) |
| 8(22) | 6 (5) | $2 \cdot 10^7$ ($3 \cdot 10^7$) | $6 \cdot 10^5$ ($4 \cdot 10^5$) | $2 \cdot 10^6$ ($1 \cdot 10^6$) |
| 9(23) | 6 (5) | $2 \cdot 10^7$ ($3 \cdot 10^7$) | $6 \cdot 10^5$ ($4 \cdot 10^5$) | $3 \cdot 10^6$ ($2 \cdot 10^6$) |
| 10(24) | 6 (5) | $2 \cdot 10^7$ ($3 \cdot 10^7$) | $4 \cdot 10^5$ ($5 \cdot 10^5$) | $1 \cdot 10^6$ ($3 \cdot 10^6$) |
| 11(25) | 7 (6) | $3 \cdot 10^7$ ($1 \cdot 10^7$) | $4 \cdot 10^5$ ($5 \cdot 10^5$) | $2 \cdot 10^6$ ($1 \cdot 10^6$) |
| 12(26) | 7 (6) | $3 \cdot 10^7$ ($1 \cdot 10^7$) | $4 \cdot 10^5$ ($5 \cdot 10^5$) | $3 \cdot 10^6$ ($2 \cdot 10^6$) |
| 13(27) | 7 (6) | $3 \cdot 10^7$ ($1 \cdot 10^7$) | $5 \cdot 10^5$ ($6 \cdot 10^5$) | $1 \cdot 10^6$ ($3 \cdot 10^6$) |
| 14(28) | 7 (6) | $3 \cdot 10^7$ ($1 \cdot 10^7$) | $5 \cdot 10^5$ ($6 \cdot 10^5$) | $2 \cdot 10^6$ ($1 \cdot 10^6$) |

## 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.