

УДК 658.52.011

Н.Н. ГОРА, Э.В. ЛЫСЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЛОГИСТИКИ И СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА

Проводится исследование вариантов структур автоматизированной системы контроля качества (АСКК) в приборостроении. С помощью имитационного моделирования проанализировано влияния производственных сбоя на основные характеристики АСКК.

**логистический контроль качества, автоматизированная система контроля качества, имитационное моделирование контроля качества**

### Введение

Встроенная система управления качеством производства предполагает создание распределенной автоматизированной системы контроля качества (АСКК), которая осуществляет контрольные действия на каждом этапе логистической цепи: «снабжение – производство – сбыт» [1].

Так как контролирующие действия АСКК не должны влиять на основные производственные показатели (производственный цикл, такт запуска и выпуска, сроки выдачи готовой продукции заказчику и т.д.), то отсюда следует, что характеристики проектируемой АСКК должны обеспечить бесперебойную работу производственной системы. Поэтому актуальной является задача обеспечения высокой производительности АСКК при работе в реальных условиях производства (сбои и отказы основного оборудования, регламентные работы, аварийные ремонты, пересменка и т.д.) [2].

**Постановка задачи.** В данной работе проводится анализ влияния различного рода случайных прерываний производственного процесса на производительность АСКК.

Архитектура АСКК представляет собой распределенную систему с достаточно большим количеством модулей контроля качества на отдельных звеньях логистической цепи производства. В зависимости

от глубины контроля качества можно выделить следующие типы структур контроля качества (рис. 1):

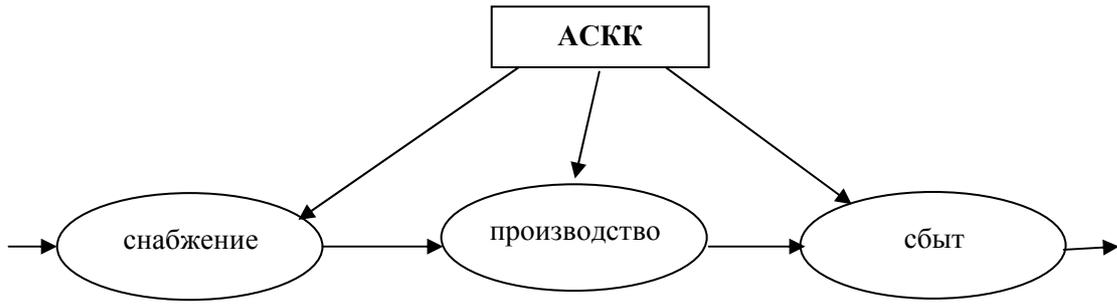
– контроль качества на отдельных звеньях логистической цепи производства. В этом случае набор модулей ограничен и контроль качества является укрупненным, что и является недостатком такой системы;

– контроль отдельных элементов логистического звена. В этом случае АСКК разбивается на подсистемы. Каждая подсистема отвечает за отдельное звено производства и осуществляет контроль качества технологических процессов производства данного логистического звена (механообработка, гальваника, производство печатных плат и т.д.);

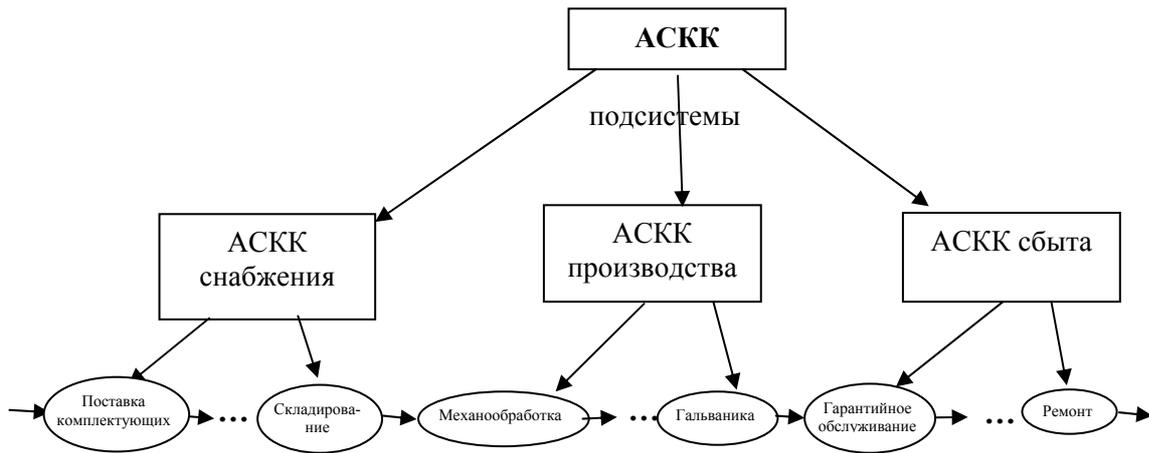
– пооперационный контроль качества. В этом случае АСКК представляет собой многоуровневую иерархическую систему, которая осуществляет тотальный контроль качества всех основных и вспомогательных операций на производстве. Достоинством такой системы является полнота контроля качества. Недостаток – высокая стоимость контроля и жесткие требования к производительности АСКК.

### Решение задачи

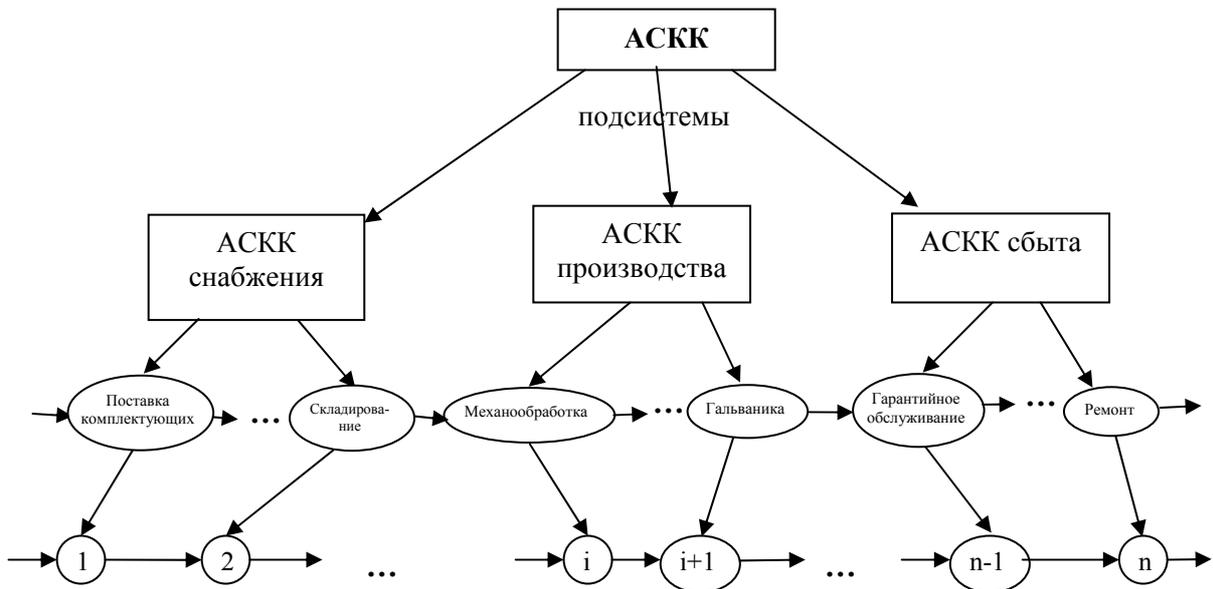
Проведем исследования АСКК для различных вариантов архитектуры, которые связаны как с последовательным, так и с параллельным контролем качества.



Контроль качества логистической производственной цепи



Контроль качества отдельных элементов в звеньях логистической цепи



Пооперационный контроль качества

Рис. 1. Уровни контроля качества производства

Отметим, что сложная динамика функционирования, включающая параллелизм, сложные условия синхронизации, переходные процессы, неравномерность загрузки производства делает невозможным использование чисто аналитических преобразований и решений для подробного исследования АСКК. Поэтому, получение обоснованных оценок производительности АСКК можно осуществить с использованием имитационного динамического моделирования [3].

Наиболее точные оценки получаются, когда в памяти компьютера формируется подробный программный макет исследуемой системы и «разыгрывается» динамика функционирования в заданном масштабе времени. Будем оценивать производительность АСКК путем сравнения производительности некоторого заданного (базового) варианта с производительностью исследуемой системы. Введем следующий критерий сравнения АСКК:

$$Q = \frac{T_{\text{баз}}}{T_{\text{ф}}}, \quad (1)$$

где  $Q$  – относительный показатель производительности АСКК;

$T_{\text{баз}}$  – время выполнения операций контроля в базовом варианте;

$T_{\text{ф}}$  – время выполнения операций контроля в исследуемой системе.

При исследовании АСКК, которая имеет четко выраженную модульную структуру, в качестве базового варианта примем систему, у которой операции контроля выполняются последовательно без совмещения во времени.

Из выражения (1) следует, что значения  $Q \geq 1$ , поскольку  $T_{\text{баз}}$  соответствуют худшей оценке производительности. В построенной имитационной модели АСКК возможно задавать различное совмещение во времени выполнения отдельных операций контроля. В случае максимального параллелизма и при соблюдении всех условий конвейерной обра-

ботки  $Q=N$ , где  $N$  – количество автономно работающих модулей контроля в системе, отсюда  $1 \leq Q \leq N$ .

Обеспечение высокой производительности АСКК связано с такими проектируемыми структурами, для которых:

$$Q^* = \max Q.$$

С учетом введенного критерия относительной производительности  $Q$ , исследование производительности АСКК с помощью разработанной имитационной модели производилось в два этапа:

1. Моделирование базового варианта для расчета времени контрольных действий при последовательном контроле производства.

2. Моделирование исследуемого варианта АСКК для такого же множества контрольных действий, но с заданными степенью совмещения операций контроля и количеством модулей.

При формировании моделируемых структур исследуемых вариантов АСКК были использованы фреймы [3].

Оценивалось влияние прерываний в производственном процессе (случайных сбоев) и соотношение длительности отдельных операций контроля на производительность АСКК.

Возможные прерывания в производстве, связанные со сбоями, вызывают резкое снижение производительности АСКК, которая зависит как от частоты таких прерываний, так и от глубины совмещения операций контроля в работе отдельных модулей системы качества.

Проведено исследование влияния прерываний на производительность различных структур АСКК, начиная от простейших (с последовательным выполнением операций контроля) и кончая параллельными системами.

Рассмотрим результаты проведенного с помощью имитационного моделирования исследования АСКК.

Заметим, что в случае возникновения прерывания на производстве, запуск новой партии не начи-

нається до тех пор, пока не обработается последний прибор из предыдущей партии. Возникновение прерываний приводит к разбиению входного потока на группы (партии приборов).

Анализ показал, что чем больше таких групп и глубже параллелизм внутри каждой из них, тем выше потери производительности АСКК, связанные со сбоями производства. Исследование влияния переходных процессов осуществлялось с помощью имитационной модели, структура которой приведена на рис. 2.

В качестве исходных данных для моделирования были взяты: число заявок (приборов) во входном потоке; организация операций контроля в АСКК; количество операций контроля; число модулей контроля; время выполнения каждой операции контроля; заданный процент прерываний из-за сбоев производства.

По заданному проценту прерываний с помощью генератора случайных чисел формировались номера заявок, которые связаны с прерыванием производства. Затем весь поток заявок делился на группы. Проведя моделирование столько раз, сколько было получено групп заявок, и вычислив время выполнения всех групп заявок, можно получить общее время контроля заданного потока заявок  $T_{\phi}$ . Далее, изменяя процент прерываний и многократно повторяя моделирование (для статистического усреднения), была получена экспериментальная зависимость  $T_{\phi}$  от заданного процента прерываний производства для различных структур АСКК.

Исследование проводилось для АСКК с количеством операций контроля  $m = \overline{1,20}$ . Результаты моделирования приведены на рис. 3 – 5.

Анализируя полученные графики, можно сделать следующие выводы:

1. Резкое уменьшение производительности АСКК наблюдается для структур с относительно большим количеством модулей (начиная с 10).

Например, (рис. 3) для 10 модулей наличие 25% прерываний в производстве приводит к падению производительности более чем в 3 раза, а для структур с 20 модулями появление лишь 5% прерываний производства приводит к понижению производительности примерно в 2 раза.

2. Наиболее чувствительны к прерываниям структуры АСКК с высокой степенью параллелизма (возможностью совмещения во времени отдельных операций контроля) и менее чувствительны структуры с последовательным контролем.

Например, (рис. 4) для АСКК с 5-ю операциями контроля (используется 2 модуля) наличие 25% прерываний приводит к понижению производительности АСКК в 1,2 раза, а в параллельной структуре (пять модулей контроля) – в 2 раза.

3. Начиная примерно с 50% прерываний (рис. 3), независимо от количества модулей и степени параллелизма, АСКК имеют практически близкие оценки производительности, находящиеся в диапазоне 1,2 – 1,8.

Были построены зависимости понижения производительности АСКК от возможного количества сбоев производства (рис. 5).

Задавая допустимым процентом понижения производительности, можно определить максимально возможное количество прерываний в производстве.

Из рис. 5 видно, что если выдвигаются жесткие требования к заданному уровню понижения производительности АСКК (например, 10%), то для структур, состоящих из 10 модулей контроля и более, максимально допустимый процент прерываний составит 1 – 3%.

Менее чувствительны к прерываниям АСКК с числом модулей, находящимся в диапазоне от 1 до 10. Для них при допустимом понижении производительности в 10% максимально возможное количество прерываний составляет 12%.

**Выводы**

Проведенный анализ производительности различных архитектур АСКК позволяет на стадии обоснования проекта создания или модернизации

существующей системы управления качеством в приборостроении выбрать рациональный уровень контроля качества и степень параллелизма в работе отдельных модулей АСКК.

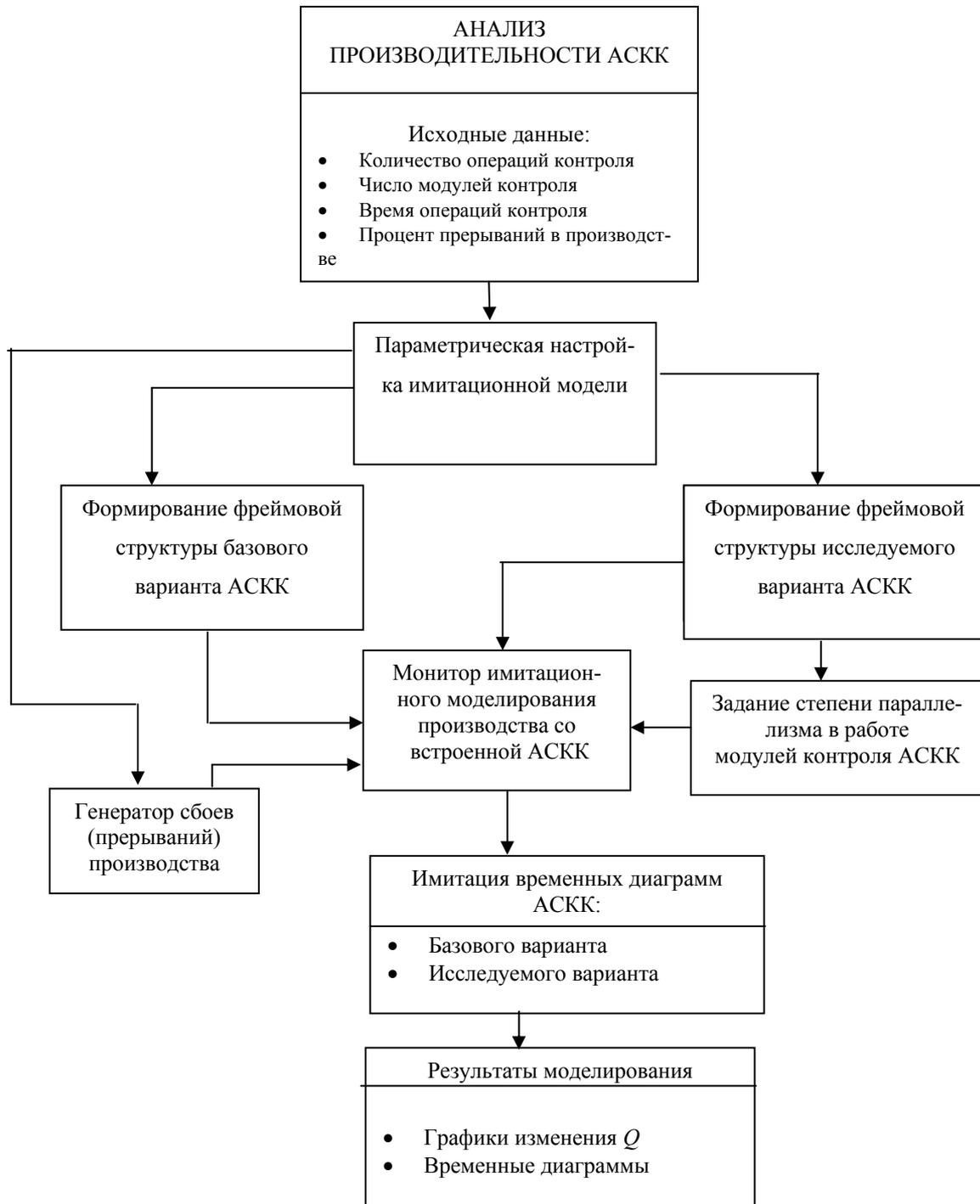


Рис. 2. Структура имитационной модели АСКК

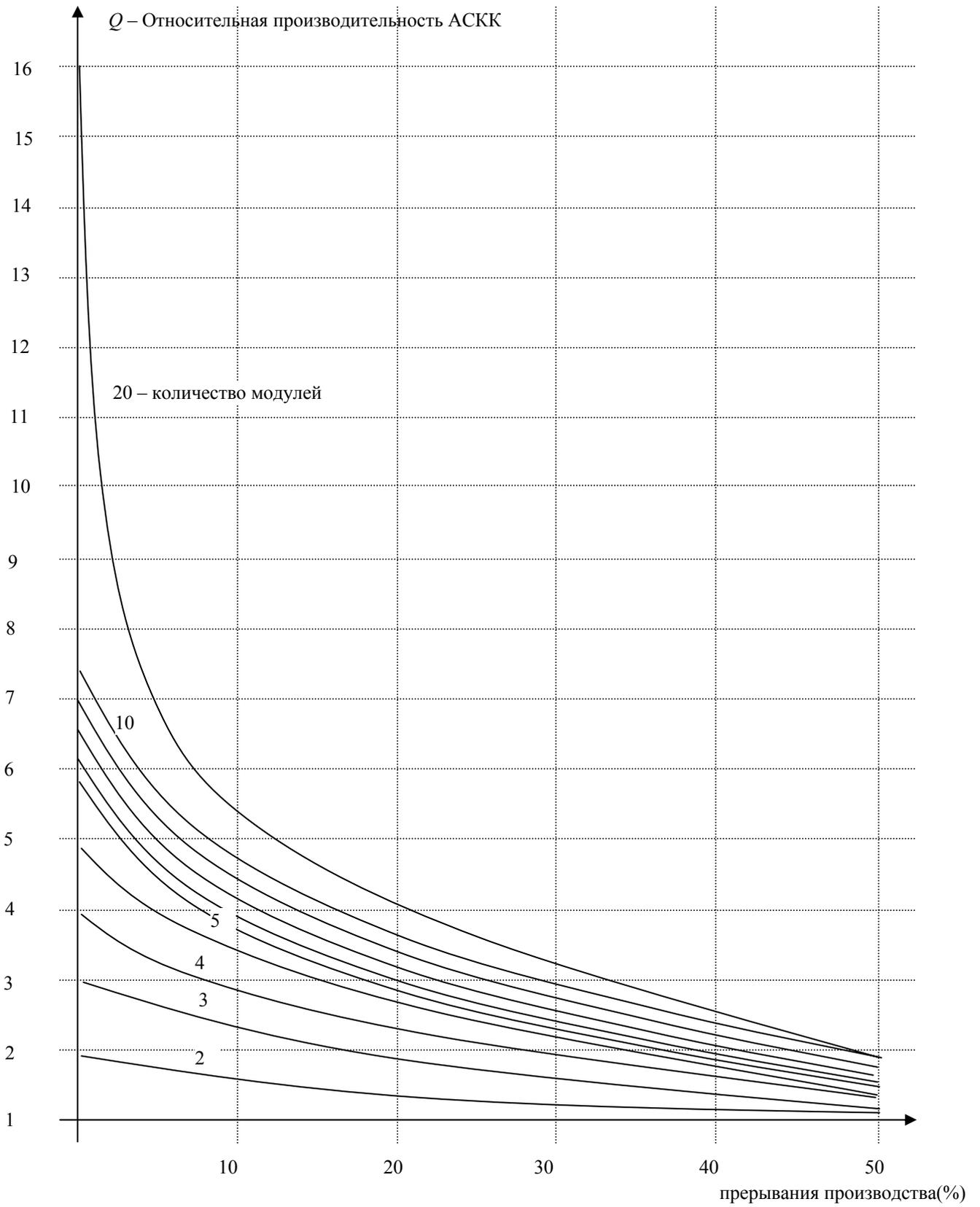


Рис. 3. Влияние сбоев (прерываний) производства на производительность АСКК

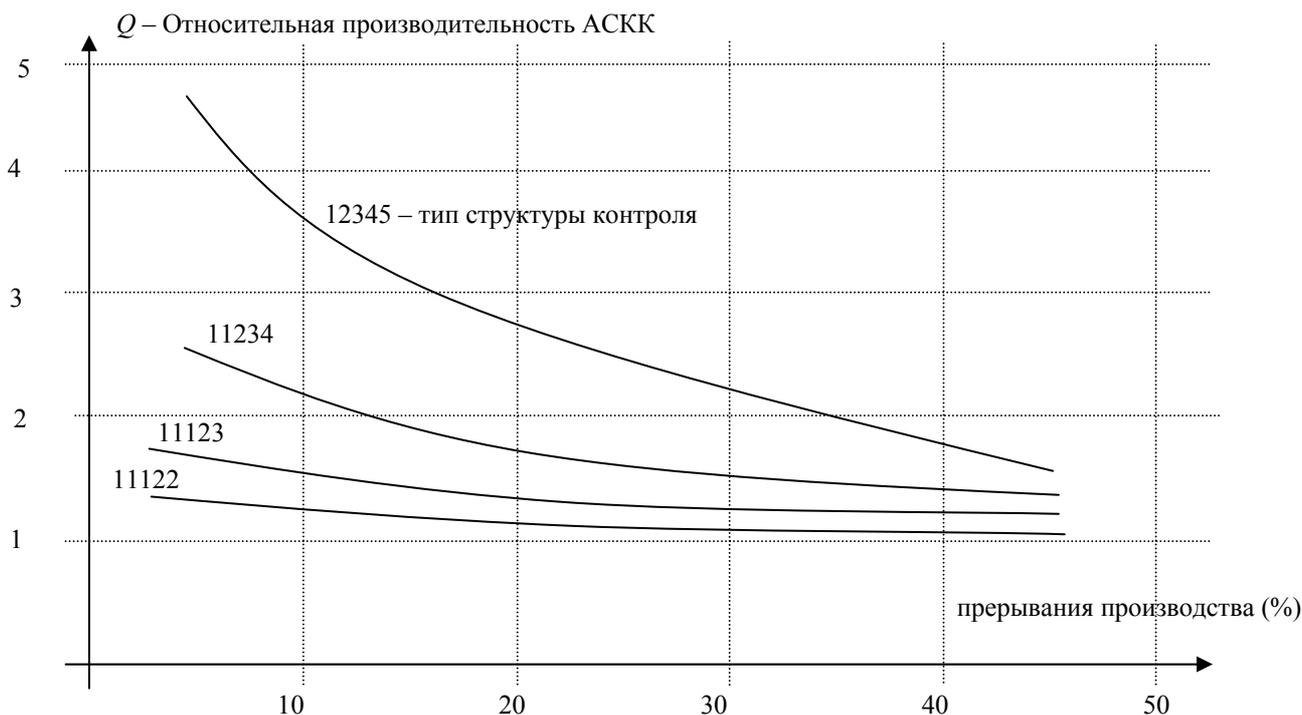


Рис. 4. Исследование производительности АСКК

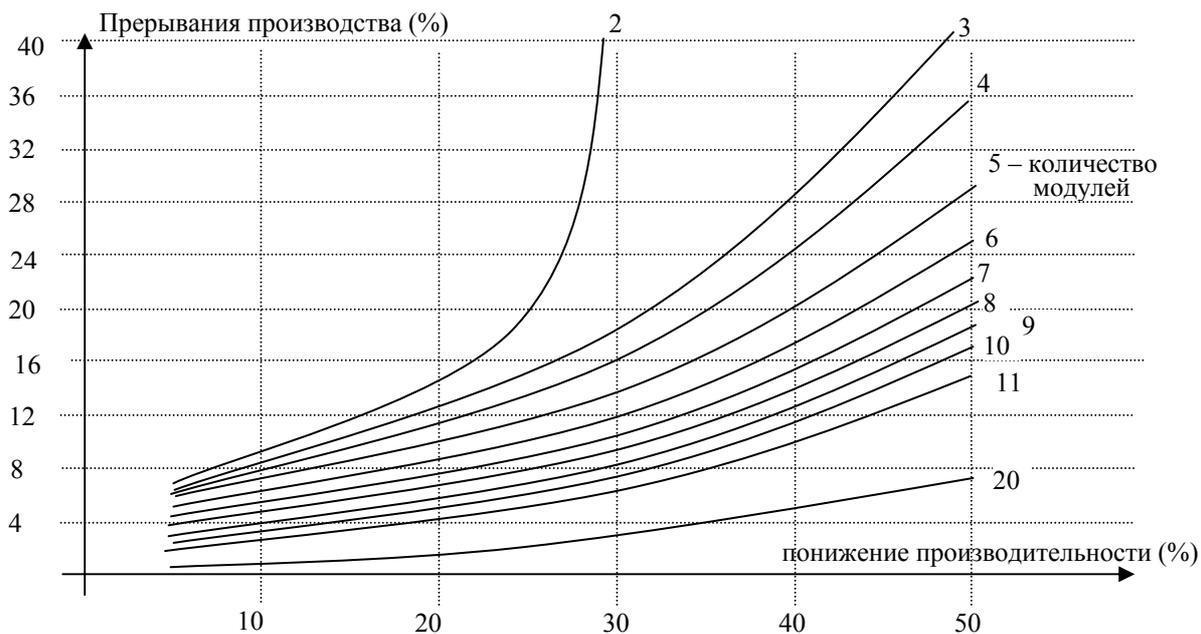


Рис. 5. Оценка допустимого уровня понижения производительности АСКК

### Литература

1. Гребенников А.Г., Мялица А.К., Рябченко В.М. Качество и сертификация промышленной продукции. – Х.: ХАИ, 1998. – 396 с.

2. Мирзоахмедов Ф. Математические модели и методы управления производством с учетом случайных факторов. – К.: Наук. думка, 1991. – 218 с.

3. Кудрявцев Е.М. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 318 с.

Поступила в редакцию 21.08.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.