

В.С. МУЧНИК · Э.Б. ГОЛЛАНД



*Владимир Семенович Мучник,
Эрих Борисович Голланд*

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА**

Ответственный редактор *Николай Борисович Мироносецкий*

Утверждено к печати Институтом экономики
и организации промышленного производства СО АН СССР

Редактор издательства **Л. И. ЛЕГКОСТУП**
Художественный редактор **В. И. ШУМАКОВ**
Художник **Н. А. ПИСКУН**
Технический редактор **А. В. СУРГАНОВА**
Корректоры **В. В. БОРИСОВА, С. В. БЛИНОВА**

ИБ № 23719

Слано в набор 23.09.83. Подписано к печати 30.05.84. МН-03021. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская 3. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 16. Усл. кр.-отт. 16. Уч.-изд. л. 18,1. Тираж 3700 экз. Заказ № 794. Цена 2 р. 10 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение.
630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука».
630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

Введение	3
<i>Глава 1. Тенденции и закономерности научно-технического прогресса на современном этапе . . .</i>	<i>9</i>
§ 1. Направления технического прогресса, сложившиеся в традиционной технологии	—
§ 2. Переход к малооперационной технологии на основе конструктивного и технологического объединения операций	24
§ 3. Конгломерации технологических систем	47
§ 4. Комплексная программа научно-технического прогресса в свете решений XXVI съезда КПСС	58
<i>Глава 2. Направления научно-технического прогресса в ряде отраслей инвестиционного комплекса . .</i>	<i>71</i>
§ 1. Комплекс черной металлургии	—
§ 2. Строительный комплекс	114
§ 3. Топливно-энергетический комплекс	158
<i>Глава 3. Региональные аспекты научно-технического прогресса (на примере Сибири)</i>	<i>183</i>
§ 1. Место Сибири в народнохозяйственном комплексе страны	—
§ 2. Направления научно-технического прогресса в Сибири с учетом региональных факторов	190
<i>Глава 4. Прогнозирование и управление научно-техническим прогрессом</i>	<i>215</i>
§ 1. Возможности создания новых технологических систем высшего уровня	—
§ 2. Экономическая эффективность новых технологических систем	233
§ 3. Организация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР)	264
§ 4. Совершенствование планирования и управления научно-техническим прогрессом	281

АКАДЕМИ
СИБИРСКОГО
ИНСТИТУТА
И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. С. МУЧНИК, Э. Б. ГОЛЛАНД
**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОГО
НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО
ПРОГРЕССА**

Ответственный редактор
д-р техн. наук Н. Б. Мироносцевский

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск · 1984

Мучник В. С., Голланд Э. Б. Экономические проблемы современного научно-технического прогресса.—Новосибирск: Наука, 1984.

В монографии рассмотрены тенденции развития научно-технического прогресса, сложившиеся в последние десятилетия. На основе анализа развития фундаментальных наук показаны закономерности перехода к целостным малооперационным технологическим системам. Их эффективность прослеживается на примере ряда отраслей народного хозяйства, а также в региональном аспекте. Обсуждаются проблемы прогнозирования развития техники и технологии, организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и управления научно-техническим прогрессом.

Книга рассчитана на научных работников, руководителей промышленных предприятий и объединений, работников плановых органов.

Рецензенты: *И. Г. Пашко, А. П. Дубнов*

Развитие народного хозяйства СССР характеризуется быстрым увеличением объемов производства. Наша страна прочно занимает первое место в мире по выпуску чугуна, стали, проката, минеральных удобрений, добыче угля, нефти, железной руды. Национальное богатство СССР составляет свыше 2900 млрд. руб., в том числе основные фонды более 1850 млрд. руб. В стране действуют 50 тыс. промышленных предприятий и объединений, выпускающих 12 млн. видов продукции. В народном хозяйстве занято примерно 130 млн. чел. Сложился мощный производственный аппарат, управление которым становится все более сложным.

По мере увеличения масштабов производства в стране обозначились тенденции снижения темпов прироста валового общественного продукта, национального дохода, основных видов продукции и увеличения материальных затрат на единицу прироста национального дохода¹:

1961—1965 1966—1970 1971—1975 1976—1980

Валовой общественный продукт	1,37	1,42	1,36	1,29
Национальный доход, использованный на потребление	1,32	1,41	1,34	1,24
Продукция промышленности	1,51	1,50	1,43	1,24
В том числе:				
группа «А»	1,58	1,51	1,46	1,26
группа «Б»	1,36	1,49	1,37	1,21

¹ См.: *Материалы XXIV съезда КПСС*. М.: Политиздат, 1971, с. 32; *Материалы XXV съезда КПСС*. М.: Политиздат, 1976, с. 112; *Народное хозяйство СССР за 60 лет*. М.: Статистика, 1977, с. 18—23; *Материалы XXVI съезда КПСС*. М.: Политиздат, 1981, с. 36, 102.

Разумеется, в каждом последующем пятилетии значение одного процента прироста валового общественного продукта и национального дохода становилось весомее (млрд. руб.):

	1966—1970	1971—1975	1976—1980
Валовой общественный продукт	4,5	6,4	8,6
Национальный доход, использованный на потребление и накопление	2,0	2,8	3,6

Наблюдается уменьшение темпов прироста производительности труда. Если в 1966—1970 гг. он составил 6,8%, то в девятой пятилетке — 4,4, в десятой — 3,3%. Одновременно с этим снижаются показатели эффективности капиталовложений и фондоотдачи, что влияет на уровень и рост производительности труда, прямо зависящей от развития техники и технологий.

В конечном счете именно снижением эффективности капиталовложений и фондоотдачи обусловлено уменьшение темпов роста производства в 70-е годы. Экстенсивный характер развития экономики является причиной дефицита многих видов ресурсов. Наиболее дефицитны капитальные вложения, металл, труд, энергетические ресурсы.

Тенденция к замедлению темпов экономического роста обсуждалась на XXVI съезде КПСС, где говорилось: «В области повышения эффективности производства, роста производительности труда не удалось решить задачи так, как намечалось планом. Механизм управления и планирования, методы хозяйствования, уровень трудовой и исполнительской дисциплины отставали от современных требований. Это затруднило перевод народного хозяйства на путь интенсивного развития»².

На практике экстенсивные и интенсивные факторы действуют совместно, во взаимосвязи. Например, привлечение дополнительных капитальных вложений (экстенсивный фактор) позволяет быстрее технически перевооружать производство, что дает возможность ускорить рост производительности труда (интенсивный фактор); расширение добычи топлива приводит к росту энерговооруженности, сокращению ручного труда и увеличению производительности.

Дефицит ресурсов создает диспропорции в развитии различных отраслей, затягивает сроки строительства и,

² Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981, с. 135.

как следствие, ведет к повышению капиталоемкости, снижению фондоотдачи. Если, например, медленно растет производительность труда, то для обеспечения роста продукции необходимо возлекать в производство все больше трудовых ресурсов. Возникает их дефицит, а вследствие этого увеличивается текучесть кадров, падает трудовая дисциплина, растет фонд заработной платы. Снижение эффективности капитальных вложений, т. е. когда каждый рубль вводимых фондов дает меньше продукции, приводит к росту потребностей в капиталовложениях и в результате к диспропорциям.

Ситуацию, сложившуюся в народном хозяйстве, характеризует ряд факторов, объективно затрудняющих решение проблемы интенсификации народного хозяйства.

В предыдущий период трудоспособное население прирастало в таких объемах, что в общественное производство каждую пятилетку вливалось 11—12 млн. чел. В настоящее время начали проявляться последствия так называемого демографического эха войны. Рождаемость была резко снижена.

В результате в одиннадцатой — тринадцатой пятилетках прирост трудоспособного населения будет примерно в 3,5—4,0 раза меньше, чем в предыдущих, и составит всего 2,5—3,0 млн. чел.³

Усиливается влияние восточных районов страны на развитие народного хозяйства. Доля Сибири в общественном производстве непрерывно растет. На ее территории сосредоточено почти 75% всех минеральных и топливно-энергетических ресурсов (уголь, газ, нефть) страны, более 50% потенциальных гидроэнергетических ресурсов, значительная доля общесоюзных запасов руд цветных металлов и разнообразного минерального сырья, 50% древесины.

Освоение восточных регионов характеризуется, с одной стороны, увеличением дальности перевозок сырья, с другой — созданием новых производств в малообжитых, труднодоступных районах с суровыми климатическими условиями и слабо развитой инфраструктурой. В настоящее время развитие районов Сибири связано с повышенными затратами материальных и трудовых ресурсов, большой капиталоемкостью.

На XXVI съезде КПСС отмечалось: «В 80-е годы... будет действовать ряд факторов, усложняющих экономи-

³ Аганбегян А. Г. Управление социалистическим предприятием. М.: Экономика, 1979, с. 50—51.

ческое развитие. Один из них — сокращение прироста трудовых ресурсов. Другой — увеличение затрат в связи с освоением Востока и Севера, а также неизбежный рост расходов на охрану окружающей среды. К этому надо добавить, что существует немало старых предприятий, требующих коренной перестройки. Да и дороги, транспорт, связь отстают от возрастающих нужд экономики»⁴.

Снижение темпов прироста производства продукции, производительности труда, уменьшение фондоотдачи обусловлены рядом причин.

Во-первых, разработка минеральных ресурсов в восточных районах страны в большом числе случаев связана с ухудшением горно-геологических условий и с преодолением влияния экстремальных факторов. Значительно углубляются горизонты добычи угля, газа, нефти. Средняя глубина шахт Кузбасса превысила 300 м (в 70-х годах — 150—200) и далее будет увеличиваться. Средняя дальность магистральных газовых трубопроводов выросла за 20 лет более чем в 3 раза, а в связи с перемещением на Север возрастает стоимость обустройства скважин и прокладки трубопроводов. Увеличение общерайонных затрат (строительство дорог, жилья, других объектов инфраструктуры, заработная плата) привело к удорожанию сметной стоимости строительства объектов различных отраслей промышленности.

Во-вторых, медленно распространяются новые технологические системы и процессы, созданные нашей наукой и передовой практикой. Система управления внедрением не предполагает принятия решений, которые позволили бы комплексно, системно организовать всестороннюю подготовку массового тиражирования новой техники. Ретроспективный анализ показывает, что плановые решения, которые предусматривали бы массовое распространение новых технологий, следует принимать за 10—20 лет до их предполагаемого внедрения.

Такое положение сложилось, например, в технологии непрерывной разливки стали, доменной продувки конвертеров. В относительно небольших объемах применяются технологии радиального обжата металла, винтовая и поперечно-винтовая прокатка, холодная высадка, процессы гидроэкструзии и другие прогрессивные технологии, которые на практике обеспечивают снижение затрат метал-

⁴ Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981, с. 36.

ла, капитальных вложений и живого труда. Следует предусмотреть широкое распространение этих технологий планами развития отраслей машиностроения.

В середине 60-х годов на угольных шахтах Кузбасса и Донбасса, железорудных рудниках Горной Шории были освоены технологические системы гидравлической добычи угля и непрерывного этажно-принудительного панельного обрушения, характеризующиеся снижением трудоемкости в 2,5—3,0 раза и капиталоемкости — на 25—35%. Для реализации этих решений необходимо отражение их в перспективных планах.

По мере развития отраслей народного хозяйства традиционные технологические системы постепенно исчерпывают свои экономические возможности. Ориентация на существующие технологические системы в дальнейшем может привести к ухудшению темпов роста экономики. В первую очередь это выразится в недостатке капитальных вложений, удлинении сроков строительства и реконструкции. Ограниченный рост трудовых ресурсов может привести к недогрузке уже существующих мощностей и снижению темпов прироста производства.

Естественный путь преодоления сложившихся трудностей — это переход к интенсивным методам ведения хозяйства. Необходимость его четко сформулирована на XXVI съезде КПСС, в последующих решениях партии и правительства. «Главный путь к качественному сдвигу в производительных силах — это, конечно, переход к интенсивному развитию, соединение на деле преимуществ нашего социалистического строя с достижениями научно-технической революции. Причем ее самого последнего этапа, который сулит технологический переворот во многих сферах производства»⁵. В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по ускорению научно-технического прогресса в народном хозяйстве» указывается: «Данный вопрос приобретает особо актуальное значение в силу того, что развитие науки и техники стало одним из главных направлений соревнования между социалистической и капиталистической системами».

В предлагаемой монографии изложены результаты исследования закономерностей технического прогресса, влияния достижений фундаментальных и прикладных наук на эффективность технологий производства. Описан меха-

⁵ Материалы июньского (1983 г.) Пленума ЦК КПСС. М.: Политиздат, 1983, с. 10.

низм достижения предельных параметров технологических систем, их естественного старения, снижения прироста экономической эффективности этих систем.

Отдельная глава посвящена проблемам прогнозирования создания новых технологий, организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Предпринята попытка обосновать необходимость усиления централизации управления созданием и массовым тиражированием новых технологий.

В монографии предложена идея автономизации определенных сфер науки и интеграции ее составляющих, создания комплексных научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов.

В подготовке книги принимали участие сотрудники Института экономики и организации промышленного производства СО АН СССР и других научных организаций. Гл. 2 написана в соавторстве с канд. экон. наук Л. П. Буфетовой (§ 1) и С. М. Финкель (§ 2). Экономико-математическая модель, приведенная в § 2 гл. 2, разработана канд. физ.-мат. наук Н. П. Дементьевым. Расчеты народнохозяйственной эффективности каталитических генераторов тепла выполнены А. В. Ананиной. В гл. 3 использованы результаты исследований, проведенных в ИЭ и ОПП под руководством д-ра экон. наук А. Г. Гранберга, в § 1 гл. 4 — исследований Института катализа СО АН СССР под руководством акад. Г. К. Борескова и Э. А. Левицкого; § 2 гл. 4 написан совместно с Т. А. Рыбаковой.

ТЕНДЕНЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

§ 1. НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА, СЛОЖИВШИЕСЯ В ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Понятие технического прогресса долгое время связывалось преимущественно с механизацией тяжелых и трудоемких работ, а потом и всей системы основных технологических операций. Такая трактовка технического прогресса отражала объективный процесс последовательной замены ручного труда машинным при сохранении на первых этапах состава операций, сформировавшегося еще в мануфактурный период.

С ростом механизации углублялось разделение системы технологических операций: универсальные станки заменялись операционными, появились новые операции, характерные для машинного производства, — вспомогательные, транспортные, связующие.

В машиностроении, например, технологический процесс включает такие операции, как установка деталей для обработки, передача деталей от станка к станку, смена инструмента, смазка, регулировка, заключительные операции, текущий ремонт.

В черной металлургии выпуску конечной продукции — готового проката — предшествует целый комплекс самостоятельных технологических процессов: добыча и обогащение руды, производство агломерата и окатышей, добыча и обогащение коксующегося угля, выжиг кокса, производство чугуна, выплавка стали, обжим слитка и прокатка готовой продукции. Каждый из этих процессов разделен на ряд технологических операций, выполнение которых и позволяет получить соответствующий продукт или полупродукт.

Технология добычи полезных ископаемых, например угля, представляет собой набор технологических процессов, связанных со вскрытием шахтного поля (пластов уг-

ля) капитальными горными выработками, сетью выработок, подготавливающих пласты к выемке, с созданием транспортных выработок, систем проветривания, ремонта и поддержания выработок и т. д. Сам процесс выемки угля представляет собой систему операций по зарубке, отбойке, навалке, доставке угля, креплению забоя и управлению кровлей.

Исторически развитие техники и технологии производства складывалось так, что механизации подвергались в первую очередь основные процессы и операции, тогда как механизация всех вспомогательных процессов значительно отставала во времени. Такое отставание характерно практически для всех производств. По данным С. А. Хейнмана, в промышленности ручным трудом занято свыше 50% рабочих, а с учетом ручного труда при машинах и механизмах — около 55%, для строительства эти цифры составляют соответственно 55—56 и 65—66%¹.

Анализ структуры занятых на металлургических и горных предприятиях угольной промышленности показывает, что численность их на основных производственных процессах представляет относительно небольшую долю промышленно-производственного персонала. Так, в черной металлургии удельный вес промышленно-производственного персонала на основных металлургических переделах — доменном, сталеплавильном, прокатном, трубном и метизном — составляет около 17%, или 15% всего персонала. Если исключить добычу железной, хромитовой и марганцевой руд, их обогащение и агломерацию, то эта доля возрастает соответственно до 20 и 18%. Остальные 78—80% численности персонала представлены занятыми в ферросплавном, огнеупорном, коксохимическом, ремонтном, ломоперерабатывающем, механическом и других вспомогательных производствах.

Как показал анализ распределения численности промышленно-производственного персонала по процессам горных работ, на очистных работах по выемке угля занято 25—27% всех рабочих и 19—21% всего промышленно-производственного персонала в отрасли; на работах, связанных с подготовкой шахтного поля, — 14—15 и 11—12%, всего на очистных и подготовительных работах — 39—42 и 30—33%.

¹ Хейнман С. А. Машиностроение: перспективы и резервы. — Экономика и организация промышленного производства, 1974, № 6, с. 41.

Следующим шагом в этом направлении технического прогресса, естественно, стала комплексная механизация.

Понятие комплексной механизации означает переход к машинному выполнению всех операций, включая вспомогательные, транспортные, связывающие, ремонтные и др. Так сложились традиционные технологии производства в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве.

В рамках комплексной механизации производства сформировались основные направления технического прогресса, реализация которых позволяет последовательно повышать уровень экономических показателей. Эти направления можно объединить в три группы.

1. Повышение единичной мощности агрегатов, их быстродействия, концентрация производства. Естественно, что с ростом мощности объем вспомогательных работ на единицу производимого продукта уменьшается. При этом если ранее рост мощности сдерживался наличием большого объема ручного труда на вспомогательных процессах, то по мере механизации последних появляются возможности дальнейшего роста мощности. Так, за 30—40 лет объемы доменных печей выросли с 1033 до 5000 м³, мощности турбин тепловых электростанций — с 60—100 до 800—1200 тыс. кВт, мощность бульдозеров выросла с 85 до 250—300 л. с., скорость пахоты увеличилась от 8 до 20—24 км/ч, грузоподъемность грузовых автомобилей — от 3—5 до 8—12 т, а специальных машин — до 120—180 т.

Естественно, что при повышении мощности машин должна меняться вся система механизации, оснащенность вспомогательных, транспортных и других обеспечивающих операций. Например, для мощных тракторов необходим соответствующий набор орудий, плугов, сеялок, борон, культиваторов, луцильников и т. д. Бессмысленно использовать роторные экскаваторы производительностью 5000 м³/ч без транспортной системы, адекватной этой производительности.

Требование системности стало определяющим при формировании производственного процесса. Без учета фактора системности технических решений повышение единичной мощности отдельных машин и оборудования будет малоэффективным. Чем больше число производственных операций, мощность и быстродействие машин, тем эффективнее строительство крупных и сверхкрупных предприятий — гигантов индустрий. Отсюда понятно стремление к концентрации производства.

Следствием реализации этого направления техническо-

го прогресса явилось создание таких мощных предприятий, как Магнитогорский и другие металлургические заводы, Ростсельмаш, Красноярская ГЭС, шахта «Распадская», Уралмашзавод, Атоммаш и т. д.

II. *Повышение надежности машин, аппаратов, технологических блоков и целых предприятий.* Основными показателями, характеризующими надежность, можно считать долговечность машин и аппаратов, их безотказность (наработка на отказ — количество часов работы между двумя отказами) и ремонтпригодность (снижение трудоемкости ремонтов вплоть до безремонтной эксплуатации оборудования).

Основные факторы обеспечения надежности оборудования и производства в целом можно свести в три группы.

1. *Повышение конструктивной надежности оборудования на основе применения высокопрочных материалов, соответствующих конструктивных решений, защитных покрытий и т. д.* Например, применение термоупрочненного проката взамен обычных сталей при снижении расхода металла в 1,5—2,0 раза повышает долговечность деталей машин, строительных конструкций. Аналогичный результат дает применение быстрорежущей стали или твердых сплавов вместо обычного инструмента, легированной и низколегированной стали вместо углеродистой и т. д.

2. *Резервирование мощности машин и целых производственных блоков, при расчете которой обычно используются средние цифры нагрузок при предполагаемой эксплуатации.* Однако реальные показатели нагрузок имеют весьма значительные отклонения от средних, поскольку на них влияют различные возмущающие воздействия внешней среды. Например, при средней расчетной мощности электродвигателя углесосных установок гидроподъема на гидрошахтах, равной 1000 кВт, отклонения из-за изменения консистенции пульпы, переменного сопротивления трубопроводной сети, падения напряжения в энергосети и других причин могут достигать 25—30%. Поэтому надежная работа углесосного подъема может быть обеспечена, если при подборе двигателя будут учтены возможные колебания потребляемой мощности. Иными словами, установленная мощность электродвигателя должна быть 1250—1300 кВт. Конечно, учет отклонений должен быть осуществлен более сложным способом: формирование большого банка статистических данных, определение дисперсии, среднеквадратического отклонения, математического ожидания и т. д.

В практике проектирования металлургических заводов в США при расчетах производственной мощности прокатного цеха сначала определяется потребность в этом виде проката, оцениваются возможные конъюнктурные изменения ее и после этого исчисляется мощность по прокату, которая, как правило, больше номинальной средней потребности на 15—20%. Вероятностный характер любого производства делает такой подход обязательным практически для всех видов технологий. Исходя из возможного уровня отклонений от рационального режима, исчисляют резерв мощности и вид резервирования. Есть процессы, в которых резервирование осуществляется путем установки дополнительных агрегатов и даже целых производственных блоков.

Например, при номинальной потребности шахтного водоотлива в одном насосе для обеспечения полной безопасности работ устанавливаются три насоса, из которых один в работе, второй в резерве, третий в ремонте. Мощные гидроэлектростанции имеют несколько гидроагрегатов в резерве, чем обеспечивается стабильность работы станции и воспринимаются отклонения в уровнях подпора.

Нормативами проектирования угольных шахт предусматривается 25-процентный резерв линии очистного забоя, а при короткозабойной системе разработок в зависимости от мощности пласта — 100, 200 и 300% резерва забоев.

3. Третья группа факторов включает создание различных запасов сырья, промежуточных продуктов и конечной продукции. Наличие складов, бункеров, емкостей компенсирует возможные перерывы в технологическом производственном процессе, вызванные неритмичностью поставок необходимых материальных ресурсов. Расчет запаса также ведется на основе статистических закономерностей возможных отклонений в поставках и заданной необходимой величины надежности.

Например, стабильная работа ВАЗа в сравнении с другими автозаводами в известной мере обеспечивается и тем, что на нем емкость внутризаводского конвейерного запаса и складских оперативных запасов в 3 раза больше, чем на родственных заводах. Необходимый запас угля на тепловых электростанциях составляет не менее 3 мес нормальной работы станции.

При подземной гидравлической добыче емкость подземного бункера для аккумуляции угля должна состав-

лять 25% суточной добычи. Если при этом обеспечен резерв мощности и создан горячий резерв, то уровень надежности всей системы гидродобычи составит 0,98—0,99.

Надежность многооперационной производственной системы с различными технологическими процессами при отсутствии емкостей рассчитывается как произведение коэффициентов надежности, составляющих ее элементов.

Например, в системе подземной гидравлической добычи угля последовательность процессов такова:

- 1 — высоконапорное водоснабжение;
- 2 — отбойка, выемка угля;
- 3 — гидротранспорт по шахте;
- 4 — подготовка пульпы;
- 5 — гидроподъем;
- 6 — гидротранспорт на поверхности;
- 7 — обогащение на фабрике.

Предположим, что надежность элементов системы составляет: 1 — 0,8; 2 — 0,7; 3 — 0,9; 4 — 0,8; 5 — 0,9; 6 — 0,9; 7 — 0,7. Тогда общая надежность системы равна $0,23 = 0,8 \times 0,7 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,7$.

Очевидно, что при такой надежности предприятие работать не может. Расставляя бункера в технологической цепи и этим самым разрывая ее, можно увеличить надежность системы с поправкой на надежность бункера. Однако поправка столь невелика, что ею можно пренебречь. В данном случае по чисто технологическим соображениям бункера можно расставить только между элементами 3 и 4, 6 и 7. Тогда надежность системы изменится:

- надежность ветви 1 — 2 — 3 = $0,8 \times 0,7 \times 0,9 = 0,5$;
надежность ветви 4 — 5 — 6 = $0,8 \times 0,9 \times 0,9 = 0,65$;
надежность последнего звена — 0,7.

Следовательно, надежность всей системы будет равна 0,5. Очевидно, что дальнейшее повышение надежности системы возможно только путем повышения надежности первой ветви.

В данном конкретном случае исследованиями и опытно-конструкторскими работами установлена возможность увеличения надежности элементов: в первой ветви 1 — 0,95; 2 — 0,93; 3 — 0,99; во второй ветви — 4 — 0,92; 5 — 0,90; 6 — 0,98. Надежность ветви 1—3 составит $0,845 = 0,95 \times 0,93 \times 0,99$.

Таким образом, надежность всей системы определяется теперь уровнем надежности последнего элемента и