

УДК 681.20.019.3

**А. И. ГУБИНСКИЙ**  
(Ленинград)

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ**

Улучшение качества промышленной продукции, повышение ее надежности, долговечности и экономичности являются наиболее актуальными и злободневными проблемами современного производства и потому находятся в центре внимания нашей партии и правительства. Об этом весьма убедительно говорят решения XXIII съезда КПСС. Решение указанных вопросов невозможно без интенсивной разработки научных основ теории надежности.

Юбилейный год завершает собой десятилетие, для которого было характерным зарождение научных основ общей теории надежности, разностороннее теоретическое и экспериментальное изучение проблемы надежности, условий и закономерностей, связанных с обеспечением безотказной работы современной техники.

За истекшее десятилетие теория надежности сформировалась как новое научное направление, которое находится сейчас в стадии интенсивного развития и в котором возникают все новые и новые идеи, подходы, методы; проводятся многочисленные семинары, конференции, выпускается обширная литература по различным аспектам теории надежности, в ее разработку вовлекается все больший круг математиков, инженеров и специалистов-практиков.

Бурное развитие теории надежности, организация специальных подразделений (групп, лабораторий, отделов) надежности, привлечение к работам по обеспечению надежности довольно широкого круга новых специалистов создают внешнее впечатление, что раньше вопросам надежности не уделялось должного внимания.

Теория надежности родилась не на голом месте, в том или ином виде она существовала всегда, но значимость ее была различной. Метрология, методы определения качества переходных процессов и устойчивости, разработанные в теории автоматического управления, теория помехоустойчивости — эти и смежные науки или их разделы являлись предшественниками общей теории надежности применительно к контрольно-измерительным приборам. Их взаимосвязь и роль в общей теории надежности будут видны из следующего исторического очерка развития общей теории надежности за пятьдесят лет Советской власти, обсуждения современного состояния теории и практики надежности контрольно-измерительной аппаратуры и актуальных проблем в этой быстроразвивающейся области современной науки и техники.

## ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ИСТОКИ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

Любая наука, как категория надстроечная, является порождением соответствующего экономического базиса и за ним следует. В этом плане условно можно выделить следующие этапы.

Первый этап (1917—1930 гг.). 50 лет назад, когда свершилась Великая Октябрьская социалистическая революция, страна была еще слаборазвитой в промышленном отношении, поэтому не было возможности предъявлять какие-либо существенные требования к надежности машин и приборов, хотя сама проблема надежности, безусловно, существовала: «Лучше надежный прибор (машина), чем ненадежный». В принципе таким положение оставалось до конца 20-х годов, когда выбирать было не из чего: может быть, прибор (машина) и не надежен, но другого нет.

Второй этап (1930—1940 гг.). В эти годы, в период реконструкции и создания социалистической промышленности, проблема надежности в первую очередь, естественно, возникала применительно к машинам, которые страна училась производить. В это время появились первые в СССР научные работы по долговечности машин [1 и др.]. Механизация и электрификация производственных процессов создали предпосылки для развития приборостроения и для перехода к автоматизации производственных процессов.

Появление электронных ламп позволило к концу этого этапа сделать качественный скачок в создании электронных автокомпенсаторов. В конце 30-х годов в СССР был создан первый электронный автоматический компенсатор «Потенциометр ВЭИ» [2].

В этот же период идеи классической теории регулирования, выступавшей вначале как теория регулирования хода конкретного вида машин и бывшей фактически одним из разделов теоретической и технической механики, распространились на управление паровыми котлами и электрическими машинами. Сначала это происходило в пределах теплотехники и электротехники независимо друг от друга, но развитие техники управления, выделявшейся в самостоятельную область техники\*, применение которой становилось всеобщим, помогло осознать аналогичность процессов управления в любых технических устройствах, и к 40-м годам теория автоматического регулирования сформировалась как самостоятельная научно-техническая дисциплина [3].

Третий этап (1940—1950 гг.). В период Великой Отечественной войны интенсификация научных исследований в целях изыскания более эффективных видов вооружения, приведшая к появлению реактивных самолетов, средств радиолокации и т. д., выдвигала новые более высокие требования к приборам по их надежности ввиду возрастания цены каждого отказа. Но все же большие потребности в приборах, превосходившие в ряде случаев возможности промышленности как во время войны, так и в послевоенный период восстановления народного хозяйства, не всегда позволяли проводить работы по изменению конструкций приборов, исходя из требований надежности.

Появление новых электронных вычислительных машин опытного характера относится к этому периоду. Создаются первые автоматические цифровые измерительные приборы.

\* Автоматика как самостоятельная область техники получила признание на II Международной энергетической конференции в 1930 году, на которой была создана секция по вопросам автоматического и телемеханического управления.

Четвертый этап (1950—1960 гг.). Характерным для него является переоснащение промышленности новой техникой, успехи в освоении атомной энергии и космоса, появление новых технологических процессов и производств, а также переход от частичной автоматизации, т. е. автоматизации выполнения отдельных производственных операций, к комплексной автоматизации. В области науки идет бурное развитие методов теории автоматического регулирования, внедрение их в практику исследований устройств в число регулируемых процессов времени систем. Количество радиоэлементов значительно меньше, чем у механических элементов, а количество их в связи с усложнением функций, выполняемых автоматами, значительно возрастает, что приводит к весьма частым отказам устройств из-за отказов отдельных элементов. В связи с этим на данном этапе проблема надежности в ряде случаев считается специфической проблемой, присущей только области радиоэлектронных устройств.

В этот период появляются первые работы, заложившие основы общей теории надежности, как за рубежом (К. Э. Шеннон), так и у нас в СССР (В. И. Сифоров, Н. Г. Бруевич, А. И. Берг, Б. С. Сотсков, Ш. Л. Бебиашвили, А. М. Половко, И. М. Маликов, П. А. Чукреев, Н. А. Романов, Л. П. Леонтьев, Б. Р. Левин, Г. В. Дружинин, Я. Б. Шор и др.).

Пятый этап (1960—1967 гг.). Продолжается внедрение систем комплексной автоматизации, ставится вопрос о полной автоматизации. В то же время становится ясным, что правильнее и экономичнее добиваться не всеохватывающей автоматизации, полностью исключаящей человека, а искать пути наиболее рационального «симбиоза» человека и техники, в котором максимально использовались бы достоинства как техники, так и человека. В связи с этим появляется необходимость в возобновлении интенсификации исследований в области эргономики и инженерной психологии, т. е. наук, занимающихся изучением возможностей, обусловленных психофизиологическими свойствами человека-оператора.

В области теории надежности этот период характеризуется большим числом публикаций. Происходит осознание того факта, что разрабатываемые в теории надежности методы являются общими, применимыми для всех отраслей техники, и потому целесообразно рассмотрение проблемы надежности с общих позиций — с единой терминологией, единым математическим аппаратом, едиными методами исследования. Дискуссии в области терминологии позволили создать вначале общие рекомендации [4], а затем и проект ГОСТа [5]. Появляются обобщения применяемого математического аппарата [6], сводные данные по полученным теоретическим результатам [7], методы обработки данных по надежности [8].

Кардинальное решение проблемы надежности может быть достигнуто только в том случае, если ей будет уделяться внимание с самого начала создания прибора — с этапа разработки технического задания. В настоящее время появилась, наконец, объективная возможность такого решения, которая заключается в том, что наше приборостроение теперь в состоянии обеспечить потребность промышленности в приборах. Отсутствие «голода» в приборах и создание их крупными сериями по-

зволяют решать проблемы обеспечения надежности на этапах разработки и изготовления приборов.

Одновременно приборостроение имеет теперь самую современную производственную и научно-исследовательскую базу, позволяющую создавать приборы в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями, в том числе и с учетом психофизиологических свойств и возможностей человека.

Обоснование основ теории вероятностей, данное в 1927 году акад. А. Н. Колмогоровым, создало базу для дальнейшего развития теории вероятностей, а работы А. Я. Хинчина, Б. В. Гнеденко, В. С. Пугачева, Е. С. Вентцель и др. способствовали внедрению методов теории вероятностей в инженерную практику. Особенно широкое внедрение математических методов вообще (и вероятностных в частности) в теорию и практику исследований самых различных технических систем наблюдалось в 50-х годах в связи с происходившей ломкой взглядов и внедрением новых кибернетических идей и направлений в технические науки. Этот период явился немаловажным как для становления общей теории надежности, так и для восприятия ее практиками. Причем и в том, и в другом весьма важную роль сыграли научно-технические общества нашей страны, которые до создания подразделений надежности взяли в свои руки инициативу в разработке теории надежности и внедрении ее в практику и в настоящее время продолжают в этом занимать ведущую роль.

Закончив на этом исторический экскурс, приступим к рассмотрению содержания проблемы надежности контрольно-измерительной аппаратуры.

#### СОДЕРЖАНИЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

В наиболее общем плане содержание проблемы надежности контрольно-измерительной аппаратуры дано в [9]. С некоторыми дополнениями и изменениями оно сводится к следующему.

Эффективность контрольно-измерительной аппаратуры можно количественно оценить через вероятность достижения цели  $P_{ц}$ :

$$P_{ц} = P_{м} P_{пр} P_{н} P_{д} P_{оп},$$

где  $P_{м}$  — вероятность того, что при планировании измерения или контроля выбран достаточно точный метод;

$P_{пр}$  — вероятность своевременного приготовления прибора к работе;

$P_{н}$  — вероятность надежной работы прибора;

$P_{д}$  — вероятность получения необходимого (достаточного) объема информации, при условии, что прибор работал надежно;

$P_{оп}$  — вероятность безотказной работы оператора (отсутствие ошибок при считывании показаний, выявлении контролируемого события, при обработке результатов измерения).

Первые две составляющие относятся к предрабочему циклу, причем  $P_{м}$  характерно только для научных исследований, так как для технических измерений в большинстве случаев принимаются достаточно отработанные методы, что обеспечивает  $P_{м} = 1$ .

Техническая надежность контрольно-измерительной аппаратуры влияет на величины  $P_{пр}$  (отражение сохранения надежности прибора в нерабочем состоянии) и  $P_{н}$  (отражение надежности прибора в рабочем состоянии).

Влияние психофизиологических свойств и возможностей человека сказывается на величинах  $P_{пр}$  (отражая степень приспособленности прибора и удобства для человека к приготовлению прибора для работы и устранению возникших в период хранения неисправностей),  $P_n$  (отражение степени ремонтпригодности, т. е. приспособленности его к контролю работоспособности, отысканию и устранению неисправностей) и  $P_o$  (отражение степени приспособленности принятой формы и метода предъявления информации к восприятию ее оператором).

Часто информация, получаемая от одного и того же прибора, может использоваться для различных целей: для одних из них полученный объем информации будет достаточен, а для других — нет, что находит выражение в величине  $P_d$ . Например, по одному измерению положения ротора турбины в подшипнике можно судить (объем информации достаточен), не превзошел ли износ подшипников допустимых пределов, но для ответа на вопрос, когда это произойдет, по одному измерению решить невозможно (объем информации, полученной при одном измерении, недостаточен).

В современной общей теории надежности [10—25] основное внимание пока уделяется исследованию составляющей  $P_n$ , но ее методы применимы и уже начинают применяться [26—29] для исследования составляющей  $P_{ол}$ .

Важным достоинством общей теории надежности является то, что основные понятия ее фундаментальны, сформулированы в достаточно общем виде и применимы для любых изделий.

Надежность — свойство изделия сохранять способность к выполнению своих функций в заданных условиях эксплуатации [30].

Надежность определяется через состояние работоспособности (или через противоположное ему состояние отказа). Надежность является совокупным свойством и зависит от наличия и соотношения количественных характеристик таких свойств изделия, как его безотказность, помехоустойчивость и долговечность, с одной стороны, и ремонтпригодность и самовосстанавливаемость — с другой.

Вся специфика надежности конкретных видов изделий (в частности, контрольно-измерительной аппаратуры) содержится в понятии «работоспособность» и выявляется при формулировании его.

Работоспособность — состояние изделия, при котором оно соответствует всем предъявляемым к нему основным требованиям. Эти требования могут быть различными для разных типов аппаратуры. Например, для цифровых электроизмерительных приборов устанавливается [31], что такими требованиями являются определенные величины основной погрешности, вариации, сопротивления и прочности изоляции, а для электрических счетчиков — величины относительной погрешности, самохода, чувствительности, сопротивления и прочности изоляции.

Причинами невыполнения установленных требований могут быть отказы элементов в приборе (разрушение пайки, короткое замыкание конденсатора и т. п.) и изменения параметров элементов (из-за старения или износа) или цепей (из-за разрегулировки). Как первые (элементные отказы), так и вторые (допусковые отказы) могут привести к полной (использование прибора по назначению невозможно) или частичной (прибор можно использовать с ухудшенными характеристиками) потере работоспособности прибора (рис. 1).

Общим для любых типов приборов является то, что для них при формулировании понятия «работоспособность» в числе основных требований будет обеспечение необходимой точности (значений основной и дополнительной погрешностей, вариации, порога чувствительности),

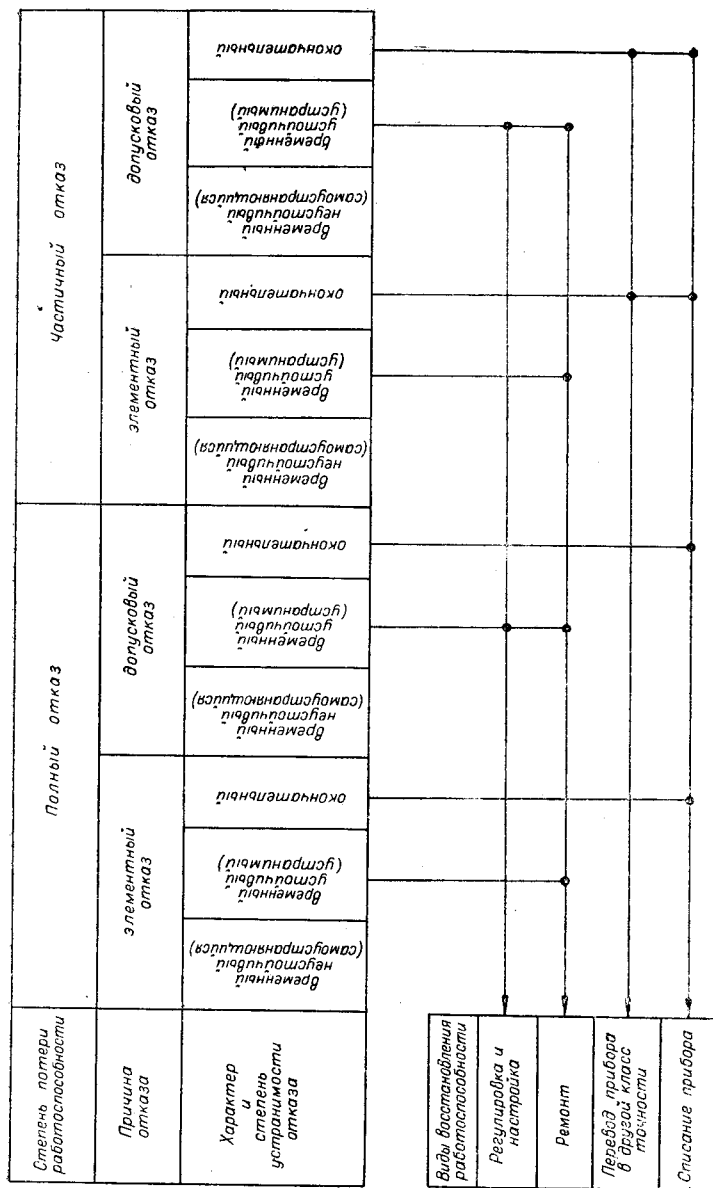


Рис. 1.

быстродействия, качества представления информации (степени успокоения подвижной части прибора, удобства отсчета показаний и т. д.).  
Изменение количественных значений этих параметров во времени,

### СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

*Безотказность и помехоустойчивость.* По определению [5], безотказность — свойство прибора непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации. На рис. 2 это понятие отнесено только к временным устойчивым (устра-

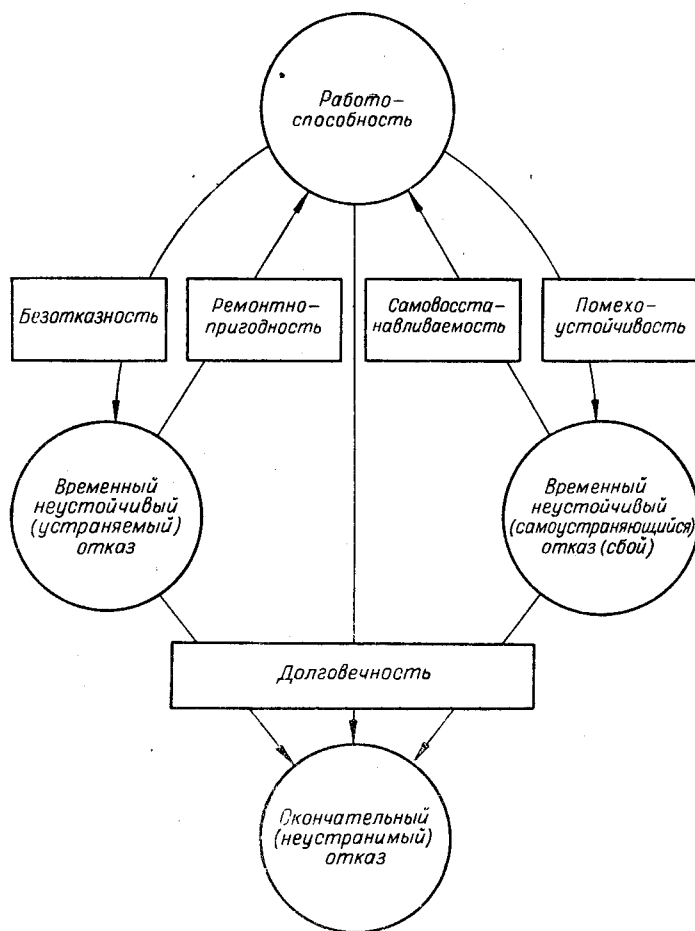


Рис. 2.

нимым) отказам, а для самоустраняющихся отказов (сбоев) использован термин «помехоустойчивость».

Проблема безотказности (в таком понимании термина) наиболее разработана. Установлены критерии, которые характеризуют количественно безотказность и выбираются в зависимости от того, восстанавливаемым или невосстанавливаемым является прибор [6, 7]. Методы расчета хорошо разработаны в основном для элементарных отказов, причем они достаточно просты лишь для внезапных отказов.

Для элементов, подверженных старению и износу (случай постепенных отказов), расчеты значительно усложняются. Исходные данные по безотказности элементов также пока получены для внезапных отказов (в виде интенсивностей или опасностей отказов; см., например, [32]), а изучение стабильности параметров надежности во времени находится еще в начальной стадии. В методах расчета надежности, учитывающих влияние постепенных уходов параметров элементов, приводящих в основном к допусковым отказам, используются подходы, разработанные в теории точности [33, 34], в теории автоматического регулирования [16, 17], в теории случайных функций [18, 19, 25]. Назрела необходимость в их обобщении. Описание динамических свойств приборов через передаточные функции, все более широко используемое в литературе последних лет по измерительной технике [35—37], безусловно, перспективно и тоже поможет решению задач надежности.

Проблема помехоустойчивости (в указанном выше смысле) решается в основном методами, разработанными в теории случайных функций, как задача о выбросах случайного процесса за заданный уровень [18]. Привлечение результатов и методов теории потенциальной помехоустойчивости радиоустройств и теории оптимального кодирования пока не находит широкого применения.

*Ремонтопригодность* является не только организационной и технической проблемой, но развивается в настоящее время и как научная проблема [38]. Такие вопросы, как контроль работоспособности, прогнозирование отказов, отыскание неисправностей, расчет необходимого количества запасных элементов и т. д., находятся в стадии интенсивной разработки [39—42 и др.].

Особенностью приборов в отличие от других систем является то, что для них может применяться такая мера, как перевод в более низкий класс точности (см. рис. 1).

*Долговечность* — свойство прибора длительно сохранять работоспособность в определенных условиях эксплуатации. Достижимое выполнение необходимого ремонта. Проблема долговечности является наименее разработанной. Можно указать лишь отдельные работы [43—45], постановка задач которых и используемые методы могут быть также преломлены и в применении к приборам.

*Учет «человеческого фактора».* Достоверность полученного при измерении результата, как отмечалось выше, зависит не только от надежности прибора, но и от контактирующего с ним человека. Прежде всего человек сам может допускать ошибки, тем самым снижая надежность комплекса «прибор — человек». Количественные критерии, обычно применяемые в инженерной психологии [46], могут быть использованы только для сравнения отдельных типов приборов, но не для расчетов надежности комплекса «прибор — человек». Исследование этого вопроса показывает, что, несмотря на специфику оператора, его можно описать теми же надежностными критериями, что и технические средства [47]. Это позволило предложить методы расчета надежности комплекса «прибор — человек», пригодные в инженерной практике [28, 48, 49]. Основ-



ная задача в данном направлении — постановка экспериментов и сбор статистики для получения исходных данных по надежности «человеческого звена» комплекса «прибор — человек» в форме, пригодной для этих расчетов [50]. Ознакомлению с состоянием работ в данной области, выявлению проблем и путей их решения был посвящен I Всесоюзный симпозиум «Надежность комплексных систем „человек — техника”», проведенный в начале июня 1967 года в Ленинграде.

*Экономика надежности.* Решение многих вопросов по необходимой степени безотказности, оптимальной долговечности, срокам профилактических ремонтов и т. д. может быть достигнуто только тогда, когда разнородные составляющие надежности — безотказность, ремонтпригодность, долговечность — каким-то образом будут соотнесены между собой. Таким связующим звеном являются экономические показатели. Надежность должна устанавливаться такой, чтобы был обеспечен максимальный экономический эффект с точки зрения народного хозяйства страны (а не с точки зрения только изготовителя приборов или только потребителя их).

Вопросы нормирования показателей надежности [30, 51], оптимизации устройств по критерию надежности [25], экономической эффективности повышения надежности и долговечности [52] уже находят отражение как в технической, так и в экономической литературе.

Однако полная эффективность зависит не только от степени разработанности теории этого вопроса, но и от существующих в народном хозяйстве методов планирования и управления.

Контрольно-измерительная аппаратура находит все более широкое применение в современной науке и технике, от ее правильного и надежного функционирования часто зависит успех многих научных исследований, эффективность работы различных производственных объектов и качество продукции. Поэтому следует ожидать значительного расширения работ по проблеме надежности контрольно-измерительной аппаратуры как в области теории, так и практики.

Принимаемые Правительством и ЦК КПСС в этом направлении меры позволяют надеяться, что уже в ближайшее время будут достигнуты значительные успехи в решении многих актуальных задач, связанных с этой проблемой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Трейер. Проблема долговечности машин.— Социалистическая реконструкция и наука, 1934, вып. 7.
2. Б. А. Барский. Быстродействующий потенциометр ВЭИ.— Бюллетень ВЭИ, 1940 № 4.
3. С. И. Бернштейн, А. А. Фельдбаум, Я. З. Цыпкин. Управления автоматического теория.— Автоматизация производства и промышленная электроника, т. 4. М., «Советская энциклопедия», 1966.
4. Надежность технических изделий. Терминология, вып. 70а. М., Изд-во АН СССР, 1966.
5. Надежность в технике. Основные понятия. Терминология (проект ГОСТа).— Стандарты и качество, 1966, № 1.
6. Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. Математические методы в теории надежности. М., «Наука», 1965.
7. Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. Справочник по расчету надежности. М., «Советское радио», 1966.
8. Я. Б. Шор. Статистические методы анализа контроля качества и надежности. М., «Советское радио», 1962.
9. Л. А. Коноров. Основные направления повышения технического уровня государственного надзора в области измерительной техники.— Измерительная техника, 1965, № 4.

10. И. М. Маликов, А. М. Половко, Н. А. Романов, П. А. Чукреев. Основы теории и расчета надежности. Изд. 1, 1956; Изд. 2, 1960. Л., Судпромгиз.
11. Я. Б. Шор. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М., «Советское радио», 1962.
12. Л. П. Леонтьев. Введение в теорию надежности радиоэлектронной аппаратуры. Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1963.
13. Е. И. Зиземский. Надежность радиоэлектронной аппаратуры. Л., Судпромгиз, 1963.
14. А. М. Половко. Основы теории надежности. М., «Наука», 1964.
15. Д. К. Ллойд, М. Липов. Надежность, организация исследования, методы, математический аппарат. М., «Советское радио», 1964.
16. Р. А. Сапожников, А. А. Бессонов, А. Г. Шоломицкий. Надежность автоматических управляющих систем. М., «Высшая школа», 1964.
17. А. Д. Епифанов. Надежность автоматических систем. М., «Машиностроение», 1964.
18. Г. В. Дружинин. Надежность устройств автоматики. М.—Л., «Энергия», 1964.
19. Б. В. Васильев, Б. А. Козлов, Л. Г. Ткаченко. Надежность и эффективность радиоэлектронных устройств. М., «Советское радио», 1964.
20. И. Базовский. Надежность: теория и практика. М., «Мир», 1965.
21. В. А. Кузнецов. Основные вопросы надежности радиоэлектронной аппаратуры. М.—Л., «Энергия», 1965.
22. А. М. Широков. Основы надежности и эксплуатации электронной аппаратуры. Минск, «Наука и техника», 1965.
23. Г. Л. Глузман, И. П. Падерно. Надежность установок и систем управления. М.—Л., «Машиностроение», 1966.
24. Д. Сандлер. Техника надежности систем. М., «Наука», 1966.
25. К. А. Иьуду. Оптимизация устройств автоматики по критерию надежности. М., «Энергия», 1966.
26. А. И. Губинский, А. А. Крылов, Г. В. Суходольский. О роли человека в процессе измерения.— Измерительная техника, 1966, № 1.
27. А. И. Губинский, Г. И. Кавалеров, А. А. Крылов, Б. Ф. Ломов. О роли инженерной психологии в современном приборостроении.— Приборостроение, 1966, № 4.
28. А. И. Губинский, А. Б. Татиевский. Надежность комплекса «Система контроля—человек».— Стандарты и качество, 1966, № 7.
29. А. И. Губинский. Основы понятия теории надежности применительно к человеку.— Стандарты и качество, 1967, № 1.
30. И. М. Маликов. Надежность судовой электронной аппаратуры и систем автоматического управления. Л., «Судостроение», 1967.
31. Приборы электроизмерительные. Основные требования и методы испытаний на надежность (проект ГОСТа). Л., ВНИИЭП. 1966.
32. Показатели надежности современных элементов и частей сложных систем. Л., ЛЭТИ им. Ульянова В. И. (Ленина), 1964.
33. Н. Г. Бруевич. О надежности и точности автоматического производства.— В сб. «Вопросы точности и надежности в машиностроении». М., Изд-во АН СССР, 1962.
34. М. Л. Быховский. Основы динамической точности электрических и механических цепей. М., Изд-во АН СССР, 1958.
35. П. П. Орнатский. Измерительные приборы (аналоговые и цифровые). Киев, «Техника», 1965.
36. В. Ю. Кончаловский, Я. А. Купершмидт, Р. Я. Сыропятова, Р. Р. Харченко. Электрические измерительные преобразователи. М.—Л., «Энергия», 1967.
37. А. М. Туричин. Электрические измерения неэлектрических величин. М.—Л., «Энергия», 1966.
38. Ремонтпригодность радиоэлектронной аппаратуры. Сб. под ред. О. Ф. Пославского. М., «Советское радио», 1964.
39. К. Б. Карандеев и др. Электрические методы автоматического контроля. М.—Л., «Энергия», 1965.
40. А. И. Губинский. Методы расчета надежности с учетом параметров системы контроля работоспособности. Л., ЛДНТП, 1967.
41. Б. В. Павлов. Кибернетические методы технического диагноза. М., «Машиностроение», 1966.
42. А. В. Мозгалеvский и др. Автоматический поиск неисправностей. М., «Машиностроение», 1967.
43. Н. Г. Бруевич. Надежность, долговечность, точность.— В сб. «О надежности сложных технических систем». М., «Советское радио», 1966.
44. М. И. Артоболовский, А. И. Берг, А. А. Благодиров, Н. Г. Бруевич, В. П. Попов. Надежность, долговечность.— «Экономическая газета», 1965, № 2.

45. В. П. Попов. О долговечности машин.— В сб. «Кибернетика — на службу коммунизму», т. 2. М., «Энергия», 1964.
46. Б. Ф. Ломов. Человек и техника. М., «Советское радио», 1966.
47. А. И. Губинский, Б. Ф. Ломов, Г. В. Суходольский, Р. М. Мансуров. Теория надежности в применении к человеку-оператору.— В сб. «Инженерная психология в приборостроении». М., ОНТИПрибор, 1966.
48. А. И. Губинский, Р. М. Мансуров. Учет способности человека восстанавливать информацию. М., ОНТИПрибор, 1967.
49. А. И. Губинский. Работа комплекса «цифровой дешифратор — человек» при наличии частичных отказов и восстановлении информации оператором.— В сб. материалов III Ленинградской конференции по надежности. Л., ВСНТО, 1967.
50. А. И. Губинский. Методы определения критериев надежности на основе опытных данных.— В сб. «Проблемы инженерной психологии», вып. 4. Л., Изд-во ЛГУ, 1965.
51. Д. В. Свечарник. Расчет надежности приборов и устройств автоматического контроля, регулирования и управления.— Справочник «Приборостроение и средства автоматизации», т. 2, кн. 1. М., «Машиностроение», 1964.
52. А. С. Консон. Методы определения экономической эффективности повышения надежности и долговечности приборов и аппаратов. Л., ЛДНТП, 1966.

*Поступила в редакцию:  
16 мая 1967 г.*