


С.345e5

К-142

КАЗАНСКИЙ Г.С. И  ДР.

Б2-9-6120.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б2-9-6120

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1971

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

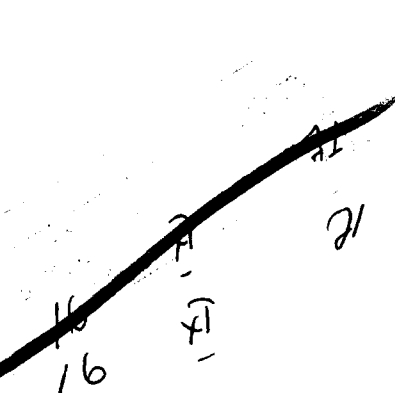
Лаборатория высоких энергий

Лаборатория вычислительной техники и автоматики

Г.С.КАЗАНСКИЙ, Х.ХАУПТ, А.А.ХОШЕНКО

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
СИСТЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПИТАНИЯ СИНХРОФАЗОТРОНА.

с.ф. 3260



A large, bold, handwritten signature or set of initials, possibly 'M', written in black ink. It is positioned to the right of the graph and above the library stamp.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

г.Дубна, 1971 года

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе излагаются результаты обработки статистических данных по эксплуатационной надежности работы одного из функциональных узлов ускорительного комплекса синхрофазотрона. Приведены некоторые качественные и сравнительные оценки эффективности оборудования и ряд предварительных рекомендаций.

Радиоэлектронная аппаратура системы высокочастотного питания синхрофазотрона (зал электроники) выполняет следующие функции при ускорении и выводе заряженных частиц на синхрофазотроне ОИЯИ /1/ :

1. Управление частотой ускоряющего напряжения в процессе ускорения и вывода.

2. Синхронизация работы функциональных узлов ускорительного комплекса, включая аппаратуру физического эксперимента.

3. Программное управление режимами физического эксперимента;

4. Контроль и измерение основных характеристик пучка заряженных частиц в процессе ускорения и вывода.

На начальной стадии эксплуатации, оборудование зала электроники обеспечивало синхронизацию работы инжектирующих устройств и ускорение частиц в основном кольце синхрофазотрона.

По мере развертывания программы физического эксперимента возникла потребность в наращивании элементности функциональных узлов радиоэлектронного оборудования. Вновь вводимые элементы обеспечивали программное управление частотой, фазой и амплитудой ускоряющего напряжения /2/. Были введены элементы обратных связей, обеспечивающих стабилизацию радиального положения сгустка ускоряемых частиц, стабилизацию равновесной фазы частоты ускоряющего напряжения, подавление когерентных возмущений радиально-фазовых колебаний /3/, /4/ и программную синхронизацию

Для управления пучком в комбинированных режимах физического эксперимента /5/, /6/, управление программой магнитного поля. Усложнение логики управления режимами ускорительного комплекса, потребовало на первом этапе высокой квалификации оперативного

персонала знакомого не только с принципами построения радио-электронных систем, но и с физикой процессов, возникающих при ускорении и выводе заряженных частиц. По мере освоения аппаратуры и режимов ускорительного комплекса и некоторой стабилизации требований физического эксперимента необходимость в высоком индексе квалификации отпала и, начиная с 1966 года уровень квалификации оперативных смен был снижен из расчёта высвобождения опытных ускорительщиков для научно-исследовательской работы, модернизации аппаратуры, совершенствования систем синхрофазотрона и режимов физического эксперимента.

Структурный состав и функциональное назначение узлов оборудования менялся по следующим ~~направлениям~~ направлениям.

1. Нарастание элементности согласно требованиям физического эксперимента.
2. Отказ от элементов системы с малой надёжностью.
3. Внедрение полупроводниковой техники.
4. Замена полного резервирования выборочным.

Проследим динамику состояния радиоэлектронного оборудования за время II-летней эксплуатации.

1. Для правильной организации службы информационного контроля на ускорительном комплексе синхрофазотрона и многомерного анализа функции состояния систем управления пучком заряженных частиц в разных режимах ускорения и вывода, необходимо объективная информация о структуре и качестве оборудования, обеспечивающего работу функциональных узлов ускорителя.

Ускорительный комплекс синхрофазотрона (УКС), являясь многопараметрическим объектом управления и с полным правом может быть отнесён к большим системам со сложными функциональными связями |7| .

При организации автоматических систем сбора информации и её многомерного анализа, а так же систем автоматического оптимального регулирования необходимы прежде всего объективные данные о надежности информативных и исполнительных элементов.

На примере радиоэлектронного оборудования системы высокочастотного питания синхροфазотрона (зал электроники), в данной работе будет показан круг задач для статистического анализа состояния оборудования, решение которых даст возможность разработать соответствующий алгоритм для анализа информационной ситуации о состоянии ускорительного комплекса в целом и выработать с помощью ЭВМ оптимальные рекомендации по эксплуатации узлов синхροфазотрона, по повышению надежности и о динамике профилактических работ. При оценке качества оборудования и эффективности эксплуатации необходимо располагать следующими основными критериями:

1. Зависимостью интенсивности отказов от времени эксплуатации:
 - а) По функционально-ограниченным группам оборудования.
 - б) По всему оборудованию в целом.
2. Зависимостью времени восстановления от времени эксплуатации:
 - а) По функционально-ограниченным группам оборудования.
 - б) По всему оборудованию в целом.
3. Зависимостями интенсивности отказов и времени восстановления по всему оборудованию:
 - а) По месяцам года.
 - б) По сменам (в течение суток).
4. Зависимостью числа отказов от времени восстановления:
 - а) По функционально-ограниченным группам оборудования.
 - б) По всему оборудованию в целом.
5. Зависимостью по п.п.1.2. при наличии резерва.

На основании этих зависимостей возможно выявление основных показателей качества и надежности оборудования.:

а) Устойчивость режима эксплуатации оборудования при изменении элементности систем и модернизации отдельных блоков.

б) Динамика накопления опыта эксплуатации и опыта оценки информационной ситуации при настройке различных режимов управления функциональными узлами оборудования.

в) Степень влияния индекса квалификации оперативного персонала на интенсивность отказов и на время восстановления.

г) Определение среднегодовой интенсивности отказов.

д) Определение среднего значения времени восстановления.

е) Определение допустимого значения коэффициента простоя по заданной группе оборудования.

На основании таких качественных оценок и расчётных данных возможно представление рекомендаций:

а) О режиме годовой эксплуатации;

б) О режиме наращивания элементности систем;

в) О квалификационном индексе оперативных смен;

г) О необходимости резервирования.

Рассмотрим конкретный случай.

II. На рисунках I - 5 показаны гистограммы характеризующие зависимость числа отказов и времени восстановления по разным группам оборудования зала электроники с течением времени эксплуатации начиная с 1959 года по 1970 год, за II лет. Общая тенденция динамики гистограмм носит падающий экспоненциальный характер с ярко выраженным двумя наложенными максимумами.

На основании статистических данных, представленных на гистограммах дадим интерпретацию полученных очевидных зависимостей.

1. Естественный экспотенциальный спад средней величины интенсивности отказов и времени восстановления однозначно связан со следующими причинами:

а) Доводка и модернизация радиоэлектронных блоков по мере накопления опыта в оценке информационной ситуации в тех или иных режимах работы ^{оперативным} ускорителя персоналом.

б) Неизбежный выход из строя "некондиционных" узлов аппаратуры и их замена с учётом увеличения надёжности.

в) Рост квалификации оперативного персонала при настройке аппаратуры, отыскании и устранении неисправностей.

2. Процесс ~~влия~~ освоения режимов аппаратуры, накопление опыта оперативного обслуживания, определяющий спад экспоненты интенсивности отказов и времени восстановления режимов, неизбежно связан с изменением структуры оборудования, введением новых функциональных узлов и блоков контроля. Введение новых элементов оборудования связано с дополнительными затратами времени на их освоение. Таким образом, определенное увеличение элементности оборудования, обеспечивающего в дальнейшем полезный эффект повышения надёжности, неизбежно связано с появлением дополнительных максимумов в функции интенсивности отказов и времени восстановления. Так что в общем виде можно записать:

$$A_{opt.} = A_H \cdot e^{-\delta t} + \sum_{k=1}^m \delta'_k(t) \left| \begin{array}{l} t_{mk} \\ t_{ik} \end{array} \right. \quad (I)$$

- где A_{opt} - Минимально-возможная "амплитуда" интенсивности отказа или времени восстановления, ограничения "снизу" технологической кондицией радиоэлектронной аппаратуры, статистическими флуктуациями и субъективными ошибками оператора.
- $\bar{\gamma}$ - Параметр интенсивности освоения аппаратуры, включающий в себя квалификацию оперативного персонала и научно-технический уровень разработчиков систем модернизации. Кроме того, параметр $\bar{\gamma}$, включает в себя индекс эффективности применения новой техники, и современной технологии, оптимальной конструкции, а так же коэффициент уровня обучения персонала и эстетические показатели.
- t - Текущее время эксплуатации оборудования.
- $\delta_k(t)$ - Наложённые функции освоения новых элементов оборудования или изменения квалификации обслуживающего персонала в интервалах времени при k - той модернизации, либо i - той реорганизации службы эксплуатации, либо j - того аварийного режима.
- A_H - Начальная "амплитуда" функции интенсивности отказов или времени восстановления, зависящая от квалификационного уровня персонала при освоении аппаратуры и исходного опыта оценки информационной ситуации о системах управления в том или ином режиме работы ускорителя.

Аппаратура связи (ЭС) (см.рис.1). Интенсивность "отказов" (рис.1,а) имеет явно выраженный падающий характер. Первый наложенный максимум приходится на 1961-1965 гг. в течение которых шла интенсивная модернизация оборудования и подключение новых функциональных блоков в связи с требованиями физического эксперимента (увеличение числа экспериментов одновременно в цикле до четырех комбинированные режимы управления пучком и т.д.)
[5], [6]. Элементность оборудования выросла на $\sim 20-25\%$.

Внедрены новые измерительные блоки и заменена система водоох-

лаждения на электрическое термостатирование ответственных узлов технологического тракта.

Второй наложенный максимум связан с тем, что в 1967 году из эксплуатационных смен выведены старшие инженеры и ранг обслуживания снизился до квалификации инженера и ст. техника, вторыми дежурными были введены лаборанты и р/монтажники.

Кроме того, важным фактором подъема интенсивности отказов в эти годы явилась предыдущая 4-х летняя эксплуатация оборудования в круглосуточном режиме, в результате чего имеет место наработка времени первой стадии надежности для механических контактирующих устройств (коммутационная аппаратура, в/ч переключатели) и выход из строя элементов схем, работающих в тяжелых тепловых режимах.

2. Слабый спад в функции времени восстановления (рис. I^{нб}) в основном определяется уровнем интенсивности освоения аппаратуры после сдачи в эксплуатацию, опытом анализа информационной ситуации и опытом устранения неисправности. Наложенный максимум в районе 1967 г объясняется снижением квалификации смен.

Аппаратура управления процессами (ЭП) (см. рис. 2(а, б)).

Из сравнения характеристик оборудования ЭС и ЭП, видно, что первый наложенный максимум у ЭП смещен ближе к началу отсчета и далее идет сравнительно спокойный спад с небольшими подъемами в районе 1963 и 1967 гг. Это объясняется тем, что модернизация импульсных устройств, управляющих всеми функциональными узлами ускорителя, коснулась в первую очередь, с другой стороны, по сложности аппаратура (ЭП) превосходит (ЭС), в связи с чем даже ~ 10% увеличение элементности привело к увеличению интенсивности отказов и увеличению времени восстановления. Аномальный максимум в районе 1970 года не обусловлен какой-либо закономерностью и объясняется недостатком информации о параметрическом поле ускорителя, включая аппаратуру вывода и физического эксперимента. Отказы и время восстановления

в этот период характеризуются в основном нарушением режима по параметрам физического эксперимента. Два небольших промежуточных максимума соответствуют повторной модернизации и изменению квалификации смен.

Аппаратура индикации параметров сгустка ускоряемых частиц и программного управления физическим экспериментом (ЭИ) (рис. 3а, б) претерпела наибольшие изменения. Элементность возросла на $\sim 60-70\%$. Это хорошо иллюстрируется гистограммами рис. 3. Интервал времени с 1961 по 1965 гг характеризуется интенсивным вводом в эксплуатацию новых функциональных блоков управления пучком ускоряемых и выводимых частиц ^{121, 141}

Естественно, увеличение потока информации о системах управления и объекта регулирования (пучок ускоряемых частиц) привело к увеличению времени восстановления в первую очередь за счёт субъективных ошибок оператора при оценке информационной ситуации, принятие решения на регулирование и отыскания причин неисправности оборудования или нарушений режима. Изменение квалификации смен замедлило спад функции интенсивности отказов и времени восстановления в 1965-1967 гг

Аппаратура задающего генератора и общего усилителя (ЗГ).

Гистограммы рис. 4(а, б) показывают, что начальный максимум приходится на период освоения и доводки аппаратуры, а два других соответственно на модернизацию (увеличение элементности на $\sim 5\%$) и снижение квалификации смен. На рис. 5 (а, б) приведены гистограммы отражающие динамику общего состояния аппаратуры зала электроники. Обе гистограммы показывают общее увеличение надежности работы радиоэлектронного оборудования и рост квалификации обслуживающего персонала. Наложенный первый максимум соответствует интенсивной модернизации и увеличению элементности аппаратуры и наблюдается небольшой подъем при снижении квалификации смен.

Можно сделать вывод, что наибольшее влияние на надежность работы аппаратуры оказывает увеличение элементности систем, тогда как снижение квалификационного индекса операторов лишь в незначительной мере увеличивает интенсивность отказа оборудования. Если условно определить коэффициент надежности как отношение максимального числа отказов оборудования N_{max} за интервал времени T к числу отказов на интервале времени Δt , то на основании выше приведенных гистограмм можно построить график 1 представленный на рис.6. Для анализа динамической функции состояния оборудования полезно иметь синхронный график удельного коэффициента восстановления, определяемого отношением максимального времени восстановления T_{max} за интервал времени T , ко времени восстановления τ_t на интервал времени Δt . График 2 рис.6 представляет такую зависимость. На совмещенных графиках обозначены характерные области А, Б, В, Г и показаны границы областей изменения структуры оборудования (МОА) и изменение организации службы эксплуатации (СК). Рассмотрим характерные области.

А - Рост надежности в начале идет за счёт приработки аппаратуры. На смену грубым отказам приходит более тонкие, требующие накопления опыта обслуживающего персонала при восстановлении отказавшего элемента или восстановления режима. Отказов мало по количеству, но они требуют большого времени восстановления. Поэтому кривая 2 запаздывает по отношению к кривой 1.

Б В - Область интенсивного наращивания элементности оборудования связана со спадом кривой 1. Естественно увеличение числа отказов вызывает сначала небольшое увеличение времени восстановления, однако, накопленный операторами опыт в оценке информационной ситуации в сложных режимах позволил сократить время на освоение новых элементов схемы в этом случае кривая 1 опережает кривую 2.

Г - Область снижения квалификационного индекса оперативных смен. Здесь обе кривые синхронно отмечают снижение как надежности аппаратуры, так и качества эксплуатации. Таким образом одним из выводов по анализу графика рис.6 может служить желательность стабильного индекса квалификации оперативной службы, при которой фактор опыта будет являться существенным показателем при организации оптимальной эксплуатации в условиях растущей надежности оборудования. Безусловно, окончательный вывод и рекомендации по увеличению надежности и оптимальной эксплуатации может быть сделан после анализа режима профилактики, о котором будет сообщено авторами несколько позже.

3. Для оценки качества аппаратуры и эффективности эксплуатации полезно рассмотреть гистограммы рис. 7 В среднем годовое число отказов по всем группам оборудования составляет величину ~ 75 и с колебаниям по месяцам в пределах $\sim \pm 30\%$. Причём наибольшие "плюсовые" отклонения приходится на летние месяцы (тяжелые тепловые режимы, отпускной период и др.) "Пик" во времени восстановления приходится на время отпусков, когда смены в некоторой мере ослаблены. Очевидно, такие флюктуации функций качества оборудования могут быть существенно уменьшены:

- а) Рациональным выбором времени плановых остановок всего ускорителя.
- б) Постоянством квалификационного индекса оперативных смен;
- в) Равномерным распределением отпусков сотрудников (либо разовым уходом в отпуск в неблагоприятное для эксплуатации ускорительного комплекса время).

Характерными, для оценки эффективности эксплуатации, являются результаты, представленные гистограммами рис.8 + 12, которые дают

зависимость интенсивности отказов и времени восстановления в зависимости от сменной работы. Заметим, что, если в толковании гистограмм по числу отказов требуются специальные оговорки, то гистограммы для времени восстановления достаточно хорошо могут быть интерпретированы с точки зрения эффективности эксплуатации (см. рис.12).

Рассматривая общее состояние системы радиоэлектроники по группам оборудования можно видеть, что в большинстве случаев интенсивность отказов по сменам практически постоянна. Небольшой спад в ночные часы, объясняется естественной "пассивностью" оперативного персонала и отсутствием автоматического контроля параметров ускорителя. Подъем ($\sim 10\%$), приходящий на вечерние смены определяется, в основном, наиболее тяжелым тепловым режимом работы аппаратуры и более ответственным отношением операторов к контролю режимов. Отсутствие ярко выраженной системы в отказах при дневных сменах связано с дополнительными "директивными" вводными операциями и участием в организации экспериментальных работ неоперативного персонала.

Наиболее показательными являются гистограммы интегрального времени восстановления (рис.8 + 12), которые указывают на то, что наибольшее время, затрачиваемое оперативным персоналом на и устранение неисправностей, а также перестройку режимов приходится в основном на ночные часы. С этой точки зрения интересны суммарные гистограммы рис.13 для среднего времени восстановления по годам для каждой смены. Это обстоятельство диктует естественную рекомендацию о нежелательности перестройки режимов в ночные смены и организации "сквозных" экспозиций физических экспериментов в ночные смены.

Наиболее важным показателем при оценке надежности и эксплуатационной ~~надежности~~ эффективности аппаратуры, является среднее время восстановления отказа элемента оборудования. С этой точки зрения показательны гистограммы рис. [4, 15, 16], на которых представлены зависимости числа отказов от времени восстановления по группам оборудования и по всей системе в целом.

Для всех гистограмм характерна экспотенциальная зависимость, характеризующая уменьшение числа отказов, требующих большого времени восстановления. Такое распределение отказов по времени восстановления близко к Пуассоновскому.

Относительно малое число отказов, требующих на восстановление времени меньше чем 5 минут, объясняется субъективной инерционностью контроля оператора и, как уже отмечалось выше, отсутствием автоматического учёта малых флуктуаций функции состояния ускорительного комплекса в целом.

Расчёты показывают, что среднее время восстановления, вычисляемое по формуле:

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m t_i$$

где N - число отказов

t_i - время восстановления i - того отказа,

оказывается по группам оборудования:

ЭИ - 27 мин

ЭП - 25 мин

ЗГ - 19 мин.

ЭС - 19 мин.

В среднем по всему оборудованию $\bar{t} = 23$ мин. Обработка, приведенных выше гистограмм позволяет сделать оценку эффективности работы радиоэлектронного оборудования в общей системе ускорительного комплекса синхрофазотрона.

Например: среднегодовое число отказов $\bar{N} = 75$ (см.рис.7) при среднем времени восстановления $\bar{\tau} = 23$ мин. Среднегодовое время наработки ускорителя на физический эксперимент $\sim T = 5000$ час. Тогда допустимый средний простой радиоэлектронного оборудования:

$$\Delta\% = \frac{\bar{N} \cdot \bar{\tau}}{T} \approx 0,57\%$$

Однако, статическая цифра $\Delta\%$ не достаточно показательна, поэтому полезно привести данные $\Delta\%$ по годам. Расчётные графики для $\Delta\%$ и $\bar{\tau}$ приведены на рис.17. Гистограмма для $\Delta\%$ характеризуется достаточно плавным спадом с аномальными выбросами в моменты наращивания элементности оборудования и снижения квалификационного индекса оперативных смен. По состоянию на 1970 г радиоэлектронная аппаратура может эксплуатироваться с допустимым простоем в общей системе ускорительного комплекса $\Delta\% - 0,2-0,3\%$. Своеобразная периодичность в гистограмме $\bar{\tau}$ связана, по-нашему мнению, с колебаниями ответственности оперативного персонала в связи с введением новых функциональных узлов в аппаратуре (первый минимум), и набором опыта оперативного персонала после изменении индекса квалификации смены (второй минимум). Максимумы имеют обычное толкование в нашей интерпретации.

4. Выводы :


Результаты настоящей работы представляются важными при организации работы электронно-вычислительного комплекса синхрофазотрона ЭВКС .

I. Знание динамики отказов оборудования и причин вызывающих те или иные отклонения в их интенсивности дает возможность правильно организовать программу служебного обслуживания заданной группы оборудования и статистический отбор типовых отказов.

2. Знание динамики времени восстановления дает возможность оценить реакцию системы управления на различного рода возмущения, связанное с внутренней флуктуацией функции состояния так и с внешними воздействиями.

3. Знание допустимого значения Δ% на заданном этапе эксплуатации дает возможность планировать оперативный резерв времени для внутренней профилактики ЭВКС.

4. Рекомендации, которые нами высказывались по ходу обсуждения статистических данных, являются, к сожалению, ориентировочными, так как недостаточная объективность оценок связана с неполной информацией о состоянии групп оборудования. Это обстоятельство лишь раз подчеркивает ~~внезапность~~ настоятельную необходимость в обеспечении автоматического контроля параметров ускорительного комплекса и автоматический учёт разных информационных ситуаций о флуктуации функции состояния ускорительного комплекса, как в целом, так и по функциональным группам оборудования.


Николаев Николай
В.И. Шенников

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.Л. Минц и др. "Радиотехника и электроника"
1956, I, 910 .
2. Г.С.Казанский, А.И.Михайлов, А.П.Царенков
Препринт ОИЯИ Б-50-819, Дубна, 1961
3. Г.С.Казанский, Г.П.Пучков
"Способ компенсации возмущения равновесной фазы сгустка ускоряемых
частиц" Препринт ОИЯИ № 1947, Дубна, 1965
4. Г.С.Казанский, А.П.Царенков
"Подавление когерентных фазовых колебаний сгустка протонов в
синхрофазотроне на 10 Гэв"
Препринт ОИЯИ № 2491, Дубна, 1965
5. Г.С.Казанский, А.И.Михайлов, В.И.Мороз
"Совмещение работы 2-х пузырьковых камер в одном ускорительном
цикле синхрофазотрона"
ПТЭ № 4, Москва, 1965
6. Г.С.Казанский, А.И.Михайлов и др.
"Программирование работы синхрофазотрона ОИЯИ для физических
экспериментов"
ПТЭ №6, Москва, 1965
7. Г.С.Казанский, А.А.Хошенко
Сообщение ОИЯИ № 9-5487
г.Дубна, 1970

ЭС - Аппаратура связи $f = \varphi(t)$

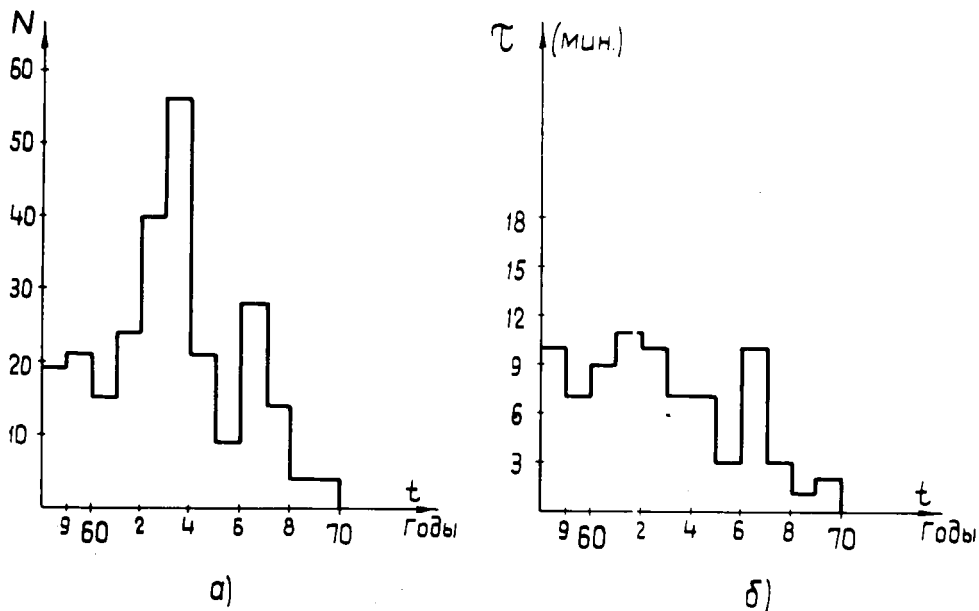


Рис. 1

ЭП - Аппаратура управления процессами

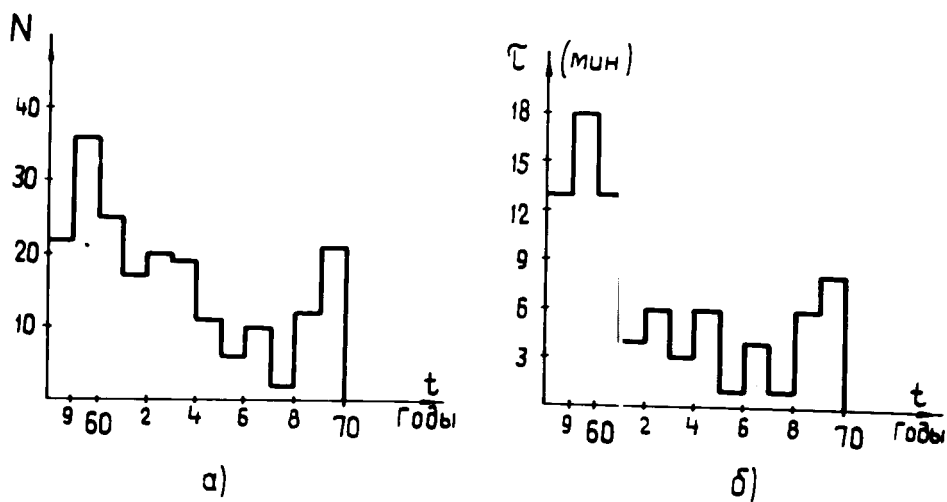


Рис. 2

ЭУ - Аппаратура индикации и
программного управления пучком
ускоряемых частиц

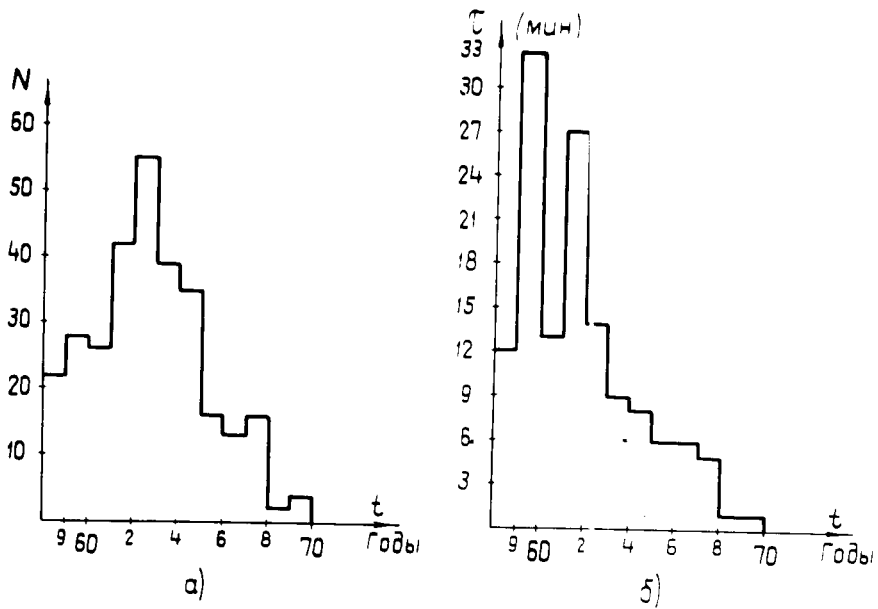


Рис. 3

ЗГ - Аппаратура задающего
генератора

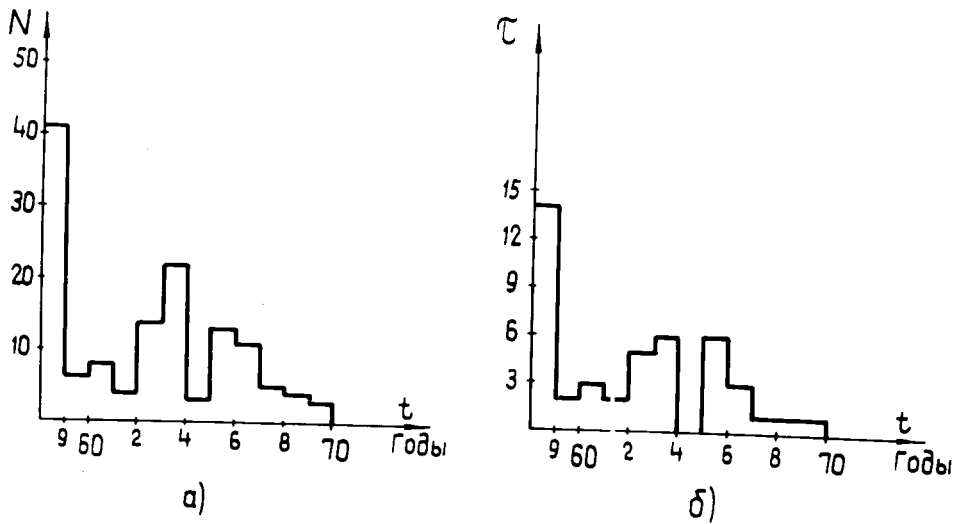


Рис. 4

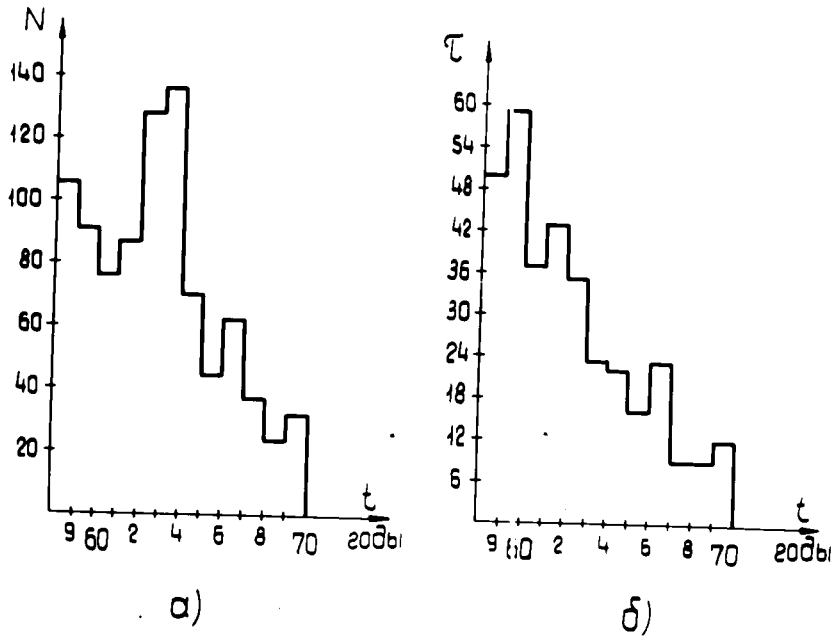


Рис. 5

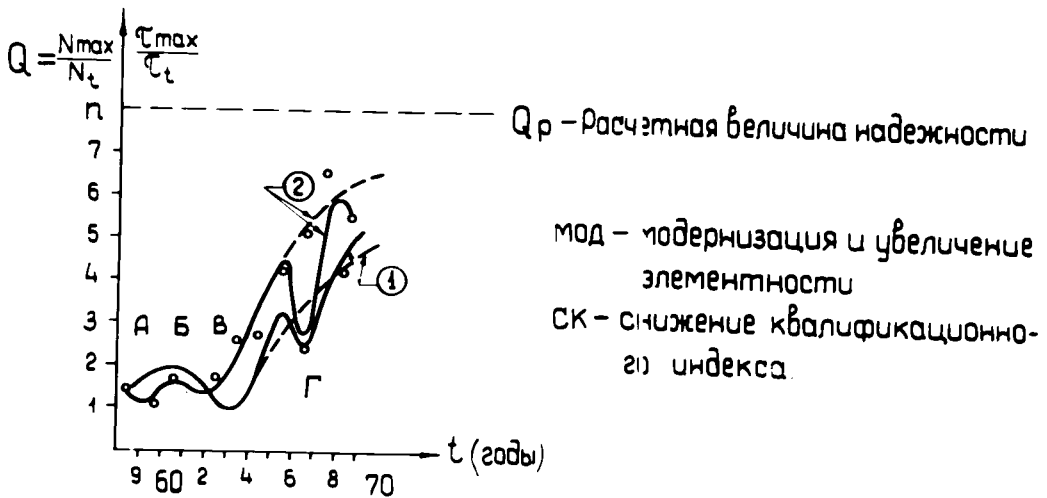


Рис. 6

3Э — Аппаратура зала электроники
(по месяцам за все годы)

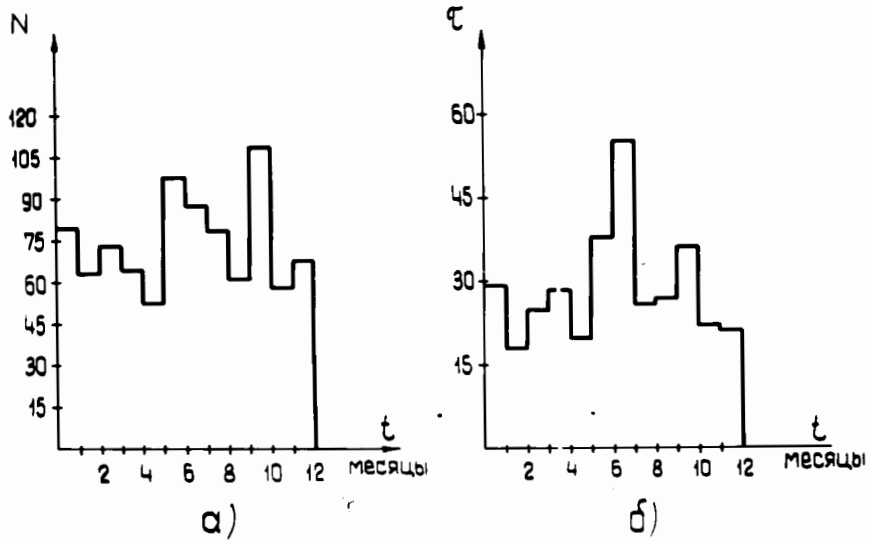


Рис. 7

3С — Аппаратура связи $f = \varphi(N)$
(за все годы по сменам)

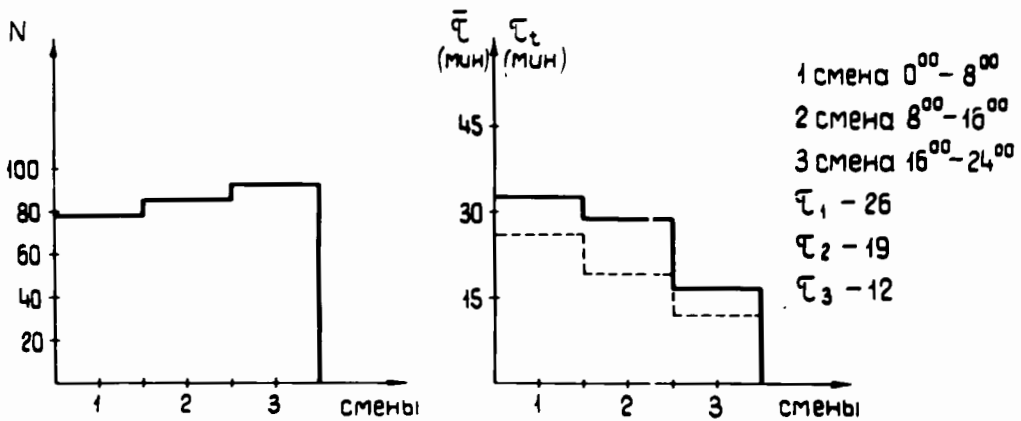


Рис. 8

Эп — Аппаратура управления процессами
(за все годы по сменам)

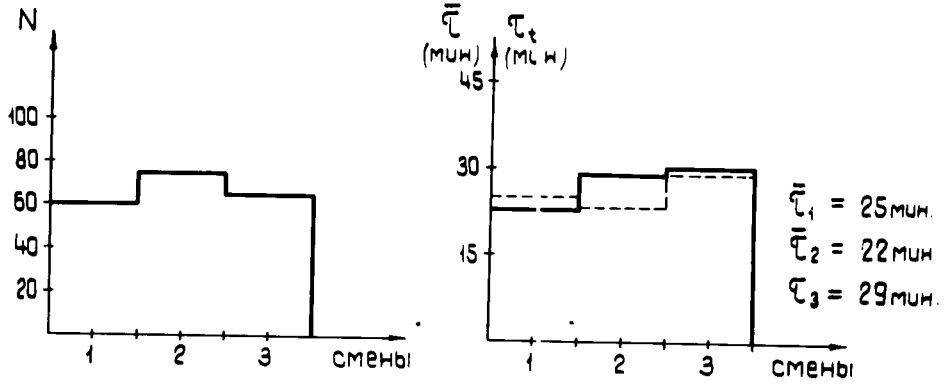


Рис. 9

Эи — Аппаратура индикации и
программного управления пучком
ускоряемых частиц

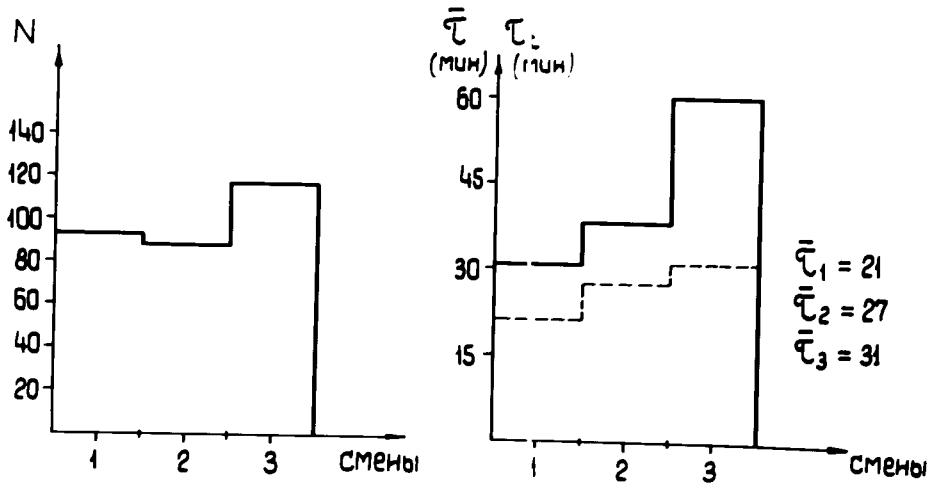


Рис. 10

3Г Аппаратура задающего генератора.

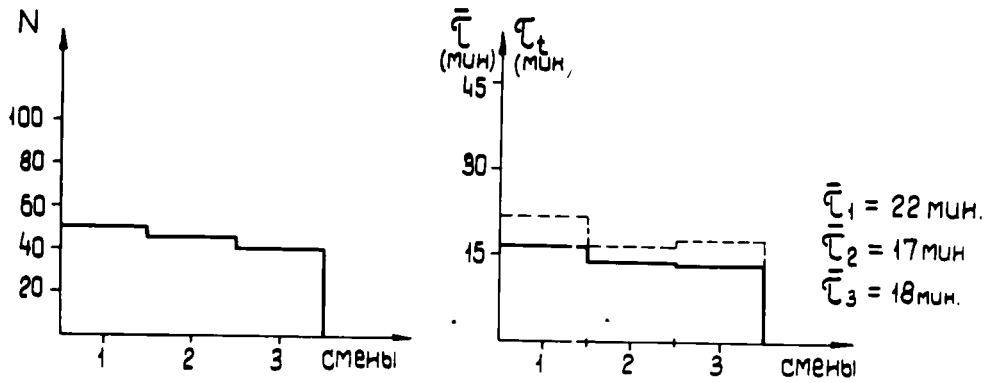


Рис. 11

33 — Аппаратура зала электроники
(за все годы по сменам)

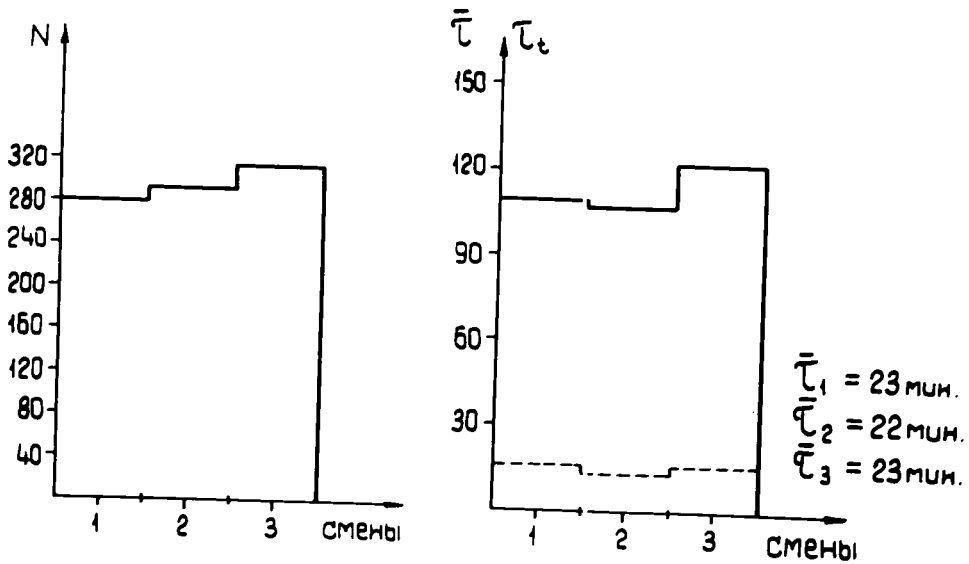


Рис. 12

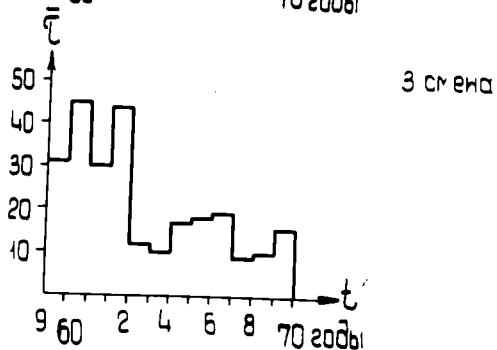
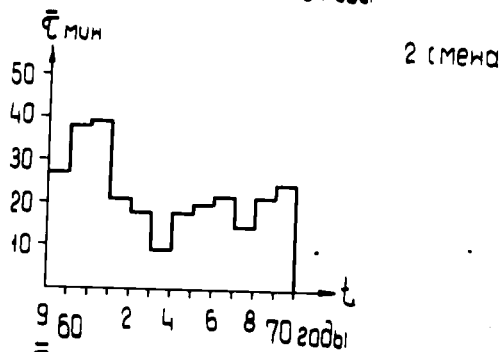
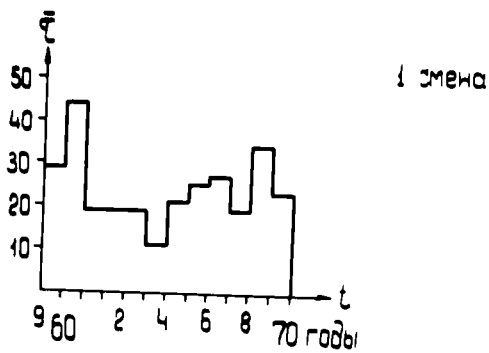


Рис. 13

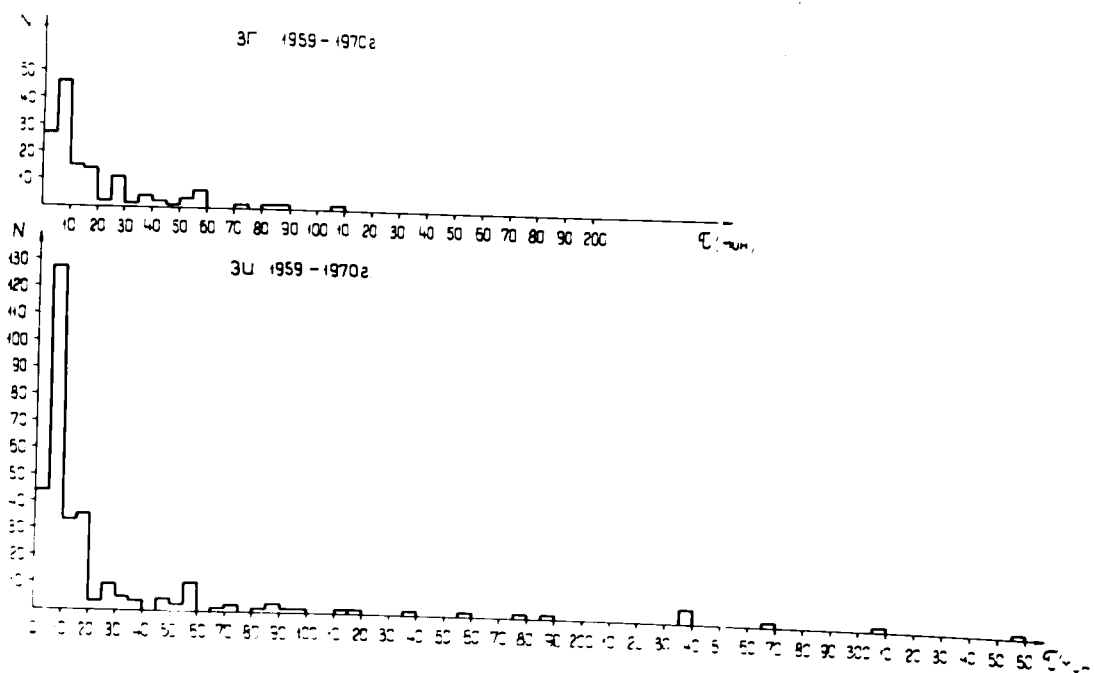


Рис. 14

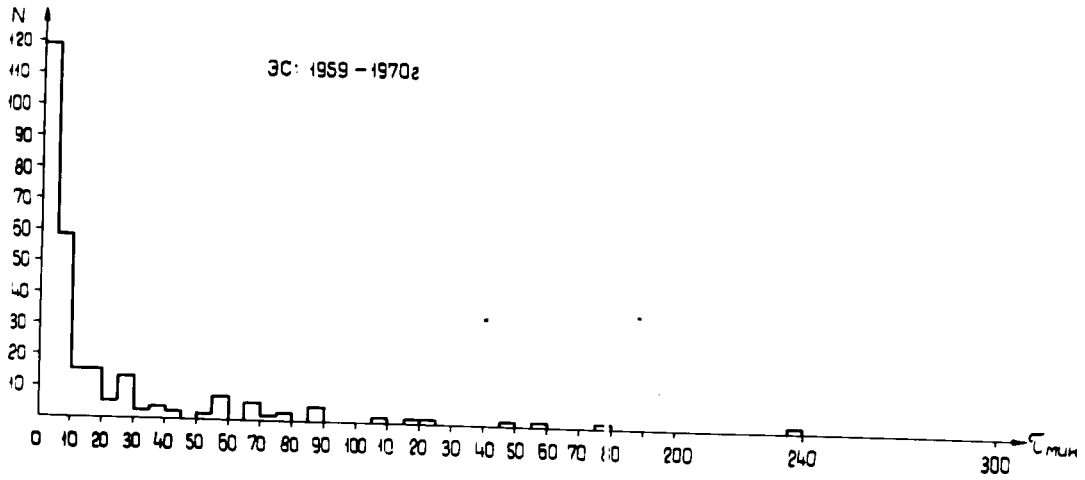
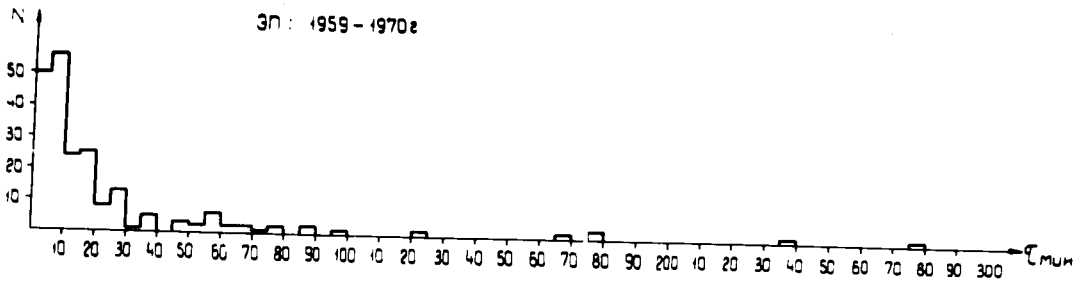


Рис. 15

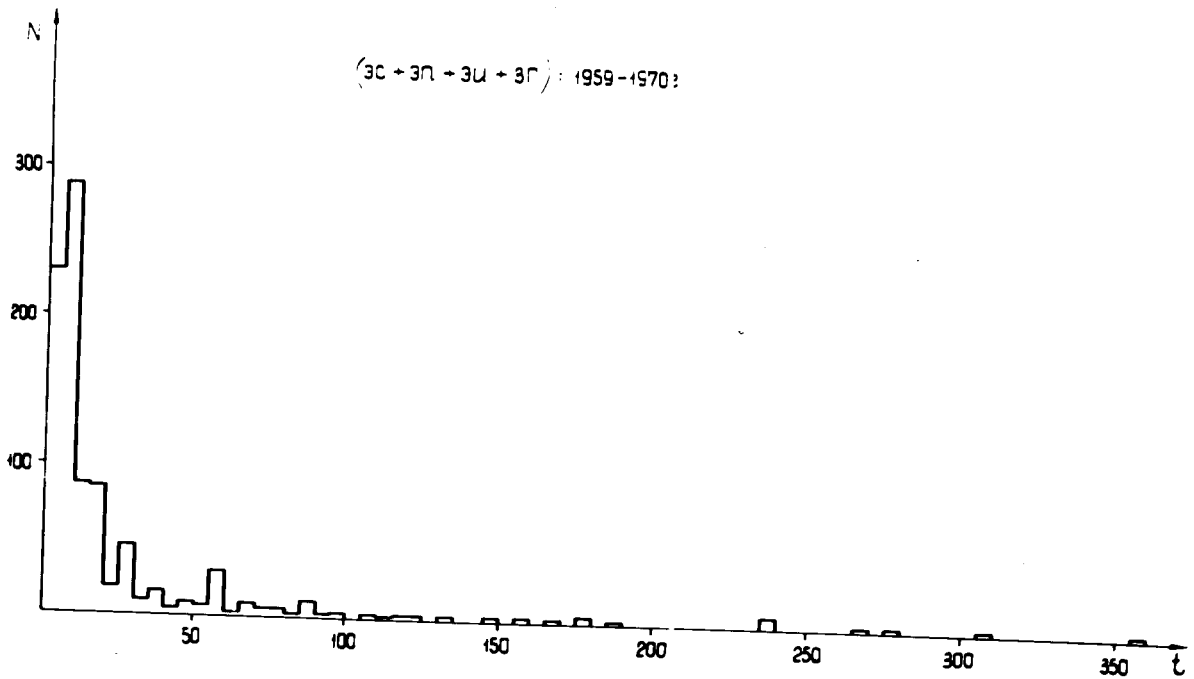


Рис. 16

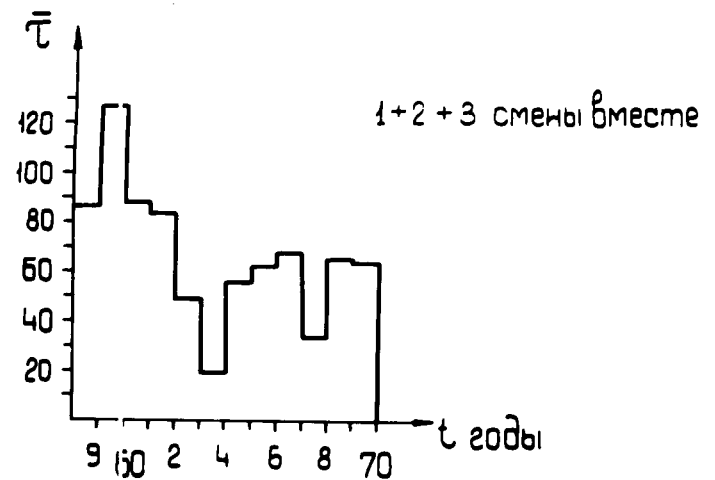
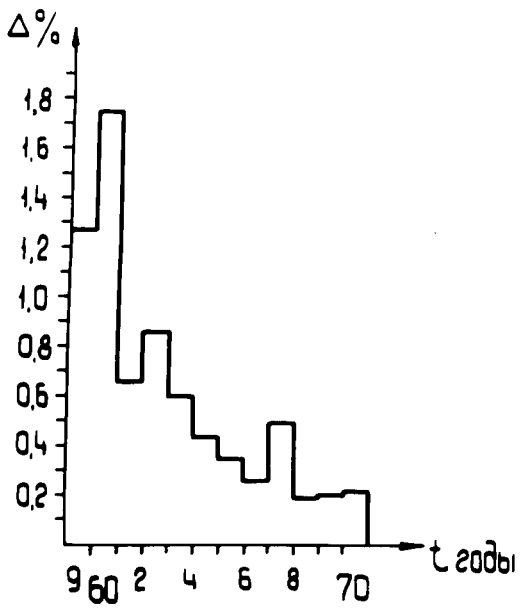


Рис. 17