

СОГЛАСОВАНО

Технический директор
ОАО «Ижорские заводы»

В. В. Ердисенков



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»

В. А. Малышевский



2007 г

**МЕТОДИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
И 246 - 097-2007**

**Радиографический контроль
основных материалов, сварных соединений и наплавки
оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок
с применением комплекса цифровой радиографии
«ФОСФОМАТИК-40» и фосфорных пластин типа Flex HR**

Применяется впервые

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика распространяется на сварные соединения и наплавку оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (АЭУ), контролируемых в соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-010-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля», ПНАЭ Г-7-025-90 «Стальные отливки для атомных энергетических установок. Правила контроля», ПНАЭ Г-017-89 «Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Радиографический контроль» (за исключением требований к радиографическим пленкам и экранам).

1.2. Методика предназначена для использования взамен рентгеновской пленки гибких фосфорных запоминающих пластин типа Flex HR (ф. КОДАК) и комплекса цифровой радиографии ФОСФОМАТИК-40, ТУ 4276-013-56173706-2004. Пластины могут изгибаться, повторяя рельеф объекта контроля, а также могут быть нарезаны в нужный размер. Минимально допустимый размер пластин составляет 100x180 мм. В кристаллах фосфорной пластины за время экспозиции накапливается радиационное изображение, которое формируется под действием рентгеновского или гамма-излучения. Фосфорная пластина используются многократно, путем стирания ранее полученных радиационных изображений. Радиографические снимки, полученные с фосфорных пластин сканированием, переводятся в цифровой формат для последующей расшифровки снимков и их архивирования. В качестве выходного экрана преобразователя радиационного изображения используется экран монитора, входящего в состав комплекса цифровой радиографии.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

2. Нормативные ссылки

В настоящей инструкции использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ-7512-82	Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
ГОСТ 20426-82	Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения.
ПНАЭ Г-7-010-89	Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки.
ПНАЭ Г-7-025-90	Правила контроля, Стальные отливки для атомных энергетических установок. Правила контроля»,
ПНАЭ Г-017-89	Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ.
ТУ 4276-013-56173706-2004	Радиографический контроль. Комплексы цифровой радиографии ФОСФОМАТИК исполнений ФОСФОМАТИК-21, ФОСФОМАТИК-35, ФОСФОМАТИК-40.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	

3. Область применения.

3.1. В зависимости от типа и энергии источников излучения, а также чувствительности радиографического контроля, требуемой нормативными документами, комплекс цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40» разрешается к применению для радиографии основного металла, сварных соединений и наплавки в процессе изготовления и монтажа оборудования и трубопроводов АЭУ для следующих объектов контроля:

3.1.1. При просвечивании рентгеновским излучением для радиационной толщины

до 100 мм по стали:

- сварные соединения и наплавки I, II и III категории по ПНАЭ Г-7-010-89;
- стальные отливки по ПНАЭ Г-7-025-90.

3.1.2. При просвечивании гамма-излучением Ir-192:

- сварные соединения и наплавки II и III категории по ПНАЭ Г-7-010-89 для радиационной толщины 20-100 мм по стали;
- стальные отливки по ПНАЭ Г-7-025-90. для радиационной толщины 21-100 мм по стали.

3.1.3. При просвечивании гамма-излучением Co-60 для радиационной толщины

70-100 мм по стали:

- сварные соединения и наплавки II и III категории по ПНАЭ Г-7-010-89
- стальные отливки по ПНАЭ Г-7-025-90.

3.1.4. При просвечивании тормозным излучением линейного ускорителя для радиационной толщины 70-200 мм по стали:

- сварные соединения и наплавки II и III категории по ПНАЭ Г-7-010-89
- стальные отливки по ПНАЭ Г-7-025-90.

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подпись и дата	

4. Указания в технологической документации

4.1. Требования к параметрам просвечивания с использованием комплекса цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40» и фосфорных пластин типа Flex HR должны соответствовать требованиям к параметрам просвечивания с использованием радиографической пленки, которые изложены в нормативно-технической и методической документации ПНАЭ Г-7-010-89, ПНАЭ Г-7-017-89, ПНАЭ Г-7-025-90, за исключением требований собственно к пленке и экранам.

4.2. На каждое контролируемое сварное соединение или отливку должна быть разработана технологическая (методическая) карта контроля, согласованная с головной материаловедческой организацией. На однотипные сварные соединения, наплавки или отливки допускается разрабатывать одну карту.

4.3. В технологических картах контроля (помимо сведений для идентификации сварного соединения или отливки) должно быть отражено следующее:

- схема контроля (схема просвечивания);
- источник излучения;
- напряжение на рентгеновской трубке, активность гамма - источника или энергия ускоренных электронов;
- размер фокусного пятна источника излучения;
- тип фосфорной пластины;
- толщина усиливающего и защитного экранов;
- фокусное расстояние (источник – изделие);
- размер и количество контролируемых участков;
- размер фосфорной пластины;
- радиационная толщина;
- эталон чувствительности;
- требуемая чувствительность радиографического контроля;
- категория сварного соединения;
- оценка качества (нормативный документ, толщина для оценки).

4.4. При разработке методики контроля конкретного сварного соединения или отливки необходимо учитывать следующие особенности радиографии с применением цифрового комплекса «ФОСФОМАТИК-40»:

- выбор источников излучения проводить в соответствии с разделом 3 настоящей инструкции;
- при выборе оптимальной толщины металлических усиливающих экранов следует руководствоваться значениями, приведенными в таблице 1 рекомендуемого приложения 1 ГОСТ 7512-82
- при использовании в качестве источника излучения рентгеновских аппаратов для просвечивания толщин до 80 мм стали на фосфорные пластины, для гарантированного обеспечения чувствительности контроля до уровня, соответствующего уровню чувствительности, достигаемой на рентгеновской пленке, напряжение на рентгеновской трубке следует уменьшить на 10 – 30% от максимальных значений, допустимых ГОСТ 20426-82. При этом экспозиция просвечивания на фосфорные пластины типа Flex HR будет примерно соответствовать экспозиции просвечивания на радиографическую пленку типа D7 AGFA.
- допускается при работе в монтажных условиях, а также при использовании переносных рентгеновских аппаратов проводить просвечивание на фосфорные пластины при максимальных допустимых ГОСТ 20426-82 значениях напряжения на рентгеновской трубке, при условии обеспечения требуемой

Инв. № полл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Подпись и дата
Инв. № дубл.	Подпись и дата
Подпись и дата	Подпись и дата

- чувствительности контроля. При этом время экспозиции сокращается в 8 – 10 раз по сравнению с применением рентгеновской пленки;
- экспозиция просвечивания на фосфорные пластины типа Flex HR при уровне серого 20-25% меньше, чем на радиографическую пленку типа D7 AGFA (при оптической плотности $D=1,5$) примерно:
- в 5 раз для гамма-излучения Ir-192,
- в 2 раза для гамма-излучения Co-60,
- в 1,5 раза для тормозного излучения ускорителей электронов (5МэВ);

В приложении к данной инструкции представлены данные по экспозиции просвечивания различными источниками ионизирующего излучения на фосфорные пластины типа Flex HR и радиографическую пленку типа D 4 и D7 AGFA.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

5. Проведение радиографического контроля на фосфорные пластины

5.1. Порядок эксплуатации комплекса цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40» (использование фосфорных пластин типа Flex HR, считывание и стирание радиационного изображения, цифровая обработка изображений для улучшения выявляемости дефектов, работа с изображением с помощью персонального компьютера) изложен в Руководстве по эксплуатации комплекса.

5.2. При работе с фосфорными пластинами необходимо:

- избегать контакта пластин с любыми источниками влаги;
- охранять поверхность пластин от механических повреждений;
- пользоваться хлопчато-бумажными перчатками;
- защищать пластины от воздействия прямых солнечных лучей;
- не подвергать пластины воздействию первичного рентгеновского или гамма-излучения высокой интенсивности.

5.3. При использовании комплекса цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40» чувствительность контроля должна быть не хуже чувствительности, требуемой соответствующими нормативными документами.

5.4. Рекомендуемый диапазон яркостей (уровень серого) для обычного режима сканирования экспонированных фосфорных пластин Flex HR составляет для объектов постоянной просвечиваемой толщины 20-25%, для переменнотолщинных объектов – не более 30% под максимальной просвечиваемой толщиной.

Примечание: в системах цифровой радиографии интенсивность (яркость) изображения задается через величину сигнала (напряжения или тока), формируемого детектором. Для комплексов цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК» уровень (интенсивность) серого цвета на экране монитора компьютера выражается как

$$G = [1 - I_n(I / I_0) / I_n(I_{\max} / I_0)] \times 100\%,$$

где I_{\max} - максимальный обрабатываемый системой сигнал,

I_0 - "темновой" сигнал.

Аналогом оптической плотности является величина (100%-G). При отсутствии воздействия излучения $I=I_0$, $G=100\%$ - точка окрашена в белый цвет. При $I=I_{\max}$, $G=0$ - точка окрашена черным. Величина G определяется по гистограмме яркости в соответствии Руководством по эксплуатации комплекса «ФОСФОМАТИК».

5.5. При просвечивании сварных соединений переменного сечения: угловых и тавровых швов, кромок деталей и т.п. экспозицию следует выбирать так, чтобы для обычного режима сканирования уровень яркости (уровень серого) под максимальной просвечиваемой толщиной составлял 25 – 30 %. Это позволяет за одну экспозицию на пластине Flex HR контролировать переменнотолщинные участки с перепадом просвечиваемых толщин до 3-х слоев половинного ослабления излучения. Эталон чувствительности устанавливают на максимальной и минимальной ($d \neq 0$) просвечиваемой толщине контролируемого переменнотолщинного участка. При большом перепаде толщин контролируемого участка можно использовать режим сканирования SDR (сдвинутый динамический диапазон) в соответствии с Руководством по эксплуатации комплекса «ФОСФОМАТИК».

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	

5.6. После проведения просвечивания контролируемого объекта (участка) на фосфорную пластину проводится ее сканирование, вывод изображения на экран компьютера, запись изображения на жесткий диск, просмотр изображения и регистрация выявленных дефектов. После записи изображения в память пластину помещают в стирающее устройство. После процесса стирания пластина готова к новой экспозиции просвечивания. Указанные действия проводятся в соответствии с Руководством по эксплуатации комплекса «ФОСФОМАТИК».

5.7. Изображения с фосфорных пластин, допущенных к расшифровке, должны удовлетворять следующим требованиям:

- на изображениях контролируемых участков не должно быть пятен и полос, связанных с вмятинами, повреждениями, царапинами, загрязнениями светочувствительного слоя и поверхности экрана, затрудняющих расшифровку ;
- на изображениях с фосфорных пластин должны быть отчетливо отражены ограничительные метки, маркировочные знаки, эталоны чувствительности;
- уровень яркости (уровень серого) полученного на фосфорной пластине изображения должен быть не более 30% в пределах контролируемого участка для обычного режима сканирования;
- чувствительность контроля должна быть не хуже чувствительности, требуемой соответствующей контролируемому изделию нормативной документацией (ПНАЭ Г-7-010-89, ПНАЭ Г-7-025-90).

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подпись и дата

6. Расшифровка рентгеновских снимков, полученных с помощью фосфорных пластин

6.1. При расшифровке на экране монитора рентгеновских снимков, полученных с фосфорных пластин, масштаб рассматриваемого радиационного изображения не должен быть уменьшен относительно реальных размеров контролируемого участка.

6.2. Условия расшифровки без изображений эталонов чувствительности, округление размеров выявляемых дефектов, условная запись дефектов должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ 7512-82 и ПНАЭ Г-7-010-89 применительно к радиографическим снимкам.

6.3. Измерение линейных размеров (длина, ширина) дефектов и расстояний между дефектами, выявленными при просмотре на экране монитора изображения с фосфорной пластины, осуществляют путем проведения курсором вдоль и поперек изображения дефекта предварительно откалиброванного отрезка (линии), после чего на экране высвечиваются результаты измерений. Порядок калибровки и проведения измерений линейных размеров изложен в Руководстве по эксплуатации комплекса «ФОСФОМАТИК»

6.4. Оценку величины вогнутости и выпуклости корня сварного шва проводят по методике, изложенной в ПНАЭ Г-7-017-89. В отличие от радиографической пленки для фосфорных пластин вместо сравнения оптических плотностей сравнивают интенсивности (уровни серого) изображений реальных и эталонных дефектов.

6.5. Оценку размера в направлении просвечивания дефектов типа пор, включений, непроваров (при необходимости) проводят по инструкции, согласованной с головной материаловедческой организацией. Применение указанной инструкции должно быть отражено в технологической карте контроля.

6.6. Пометку забракованных дефектных мест на контролируемом изделии следует проводить с помощью распечатки радиационного изображения с предварительно помеченными дефектными зонами и надписями. Порядок нанесения меток и надписей на изображение и вывод его на печать (на бумажный носитель) изложен в Руководстве по эксплуатации комплекса «ФОСФОМАТИК».

6.7. Результаты расшифровки рентгеновских снимков, полученных с помощью фосфорных пластин, должны быть записаны в рабочем журнале регистрации результатов контроля и предъявках-заключениях и / или в том же объеме в их электронных версиях. Форма записи должна быть аналогична форме регистрации результатов радиографического контроля с использованием пленок. Вместо типа и размеров пленки указываются тип и размеры фосфорных пластин, а также параметры цифровой обработки изображения (если она применялась) для улучшения качества изображения: интенсивность, электронные фильтры, диафрагмы.

Примечание: прежде, чем выполнять действия с цифровой обработкой радиационного изображения, могущие повлечь необратимые изменения данных, следует сохранить первичное изображение (версия 0) на диске компьютера. При утрате изображения «версия 0» снимок подлежит повторному просвечиванию и последующему сохранению.

6.8. При использовании программ улучшения качества рентгеновского снимка в папку, где хранится соответствующая версия 0, записываются все версии, использованные для расшифровки данного снимка (версия 1, версия 2 и т.д.). В журнале регистрации результатов контроля при описании дефектов указывается номер версии изображения, примененной для обнаружения или измерения выявленного дефекта.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

6.9. Определение чувствительности контроля по эталону проводится на снимках версия 0.

6.10. Ответственность за правильное использование программ улучшения качества радиационного изображения несет дефектоскопист рентгено-гамма-графирования, проводивший расшифровку результатов контроля и оценку годности сварного соединения или изделия. В случае возникновения сомнений в достоверности результатов контроля, полученных с помощью фосфорных пластин, дефектоскопист имеет право применить экспертный контроль сомнительных мест на рентгеновскую пленку. Результаты контроля, полученные на рентгеновской пленке, являются окончательными.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

7. Архивное хранение рентгеновских снимков в цифровом виде

7.1. Результаты радиографического контроля, полученные с применением комплекса цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40», должны храниться в цифровом виде на жестких дисках в течение срока, соответствующего нормативному сроку хранения радиографических данных (снимков, рабочих журналов регистрации результатов контроля).

7.2. Архивное хранение результатов радиографического контроля в цифровом виде проводится на предназначенном для этих целей компьютере, установленном в отдельном специальном помещении.

7.3. Запись результатов контроля, на компьютер для архивирования должна проводиться в формате, который гарантирует сохранение всей информации, содержащейся в радиационных изображениях.

7.4. Во избежание случайных потерь радиографических снимков в цифровом виде архивирование снимков, полученных за смену, производится после окончания каждой смены.

7.5. Кроме архивирования оцифрованных снимков на жестких дисках компьютера, по окончании изготовления изделия результаты радиографического контроля должны быть записаны на CD или DVD. Эти записи являются резервной копией и хранятся в соответствии с нормативными сроками архивного хранения.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

8. Аттестация персонала на право работы с комплексом цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК» и расшифровки цифровых радиографических снимков с выдачей заключения о годности.

8.1. Общие требования аттестации персонала (специалистов, дефектоскопистов), непосредственно выполняющих радиографический контроль с помощью комплекса цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40» и фосфорных пластин, соответствуют требованиям аттестации контролеров, содержащихся в ПНАЭ Г-7-010-89.

8.2. Персонал, аттестующийся на право работы с комплексом цифровой радиографии «ФОСФОМАТИК-40» и расшифровки цифровых радиографических снимков с выдачей заключения о годности, должен пройти дополнительное обучение по специальной программе, согласованной с изготовителем комплекса и головной материаловедческой организацией, а также проверку практических навыков в соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-010-89 и ПНАЭ Г-7-025-90.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

От ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»

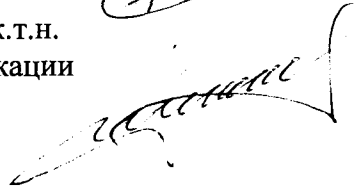
Начальник отдела , д.т.н.



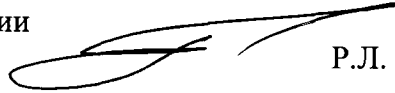
В.П. Леонов

Начальник сектора неразрушающего
контроля, к.т.н.
специалист III уровня квалификации
по неразрушающему контролю

В.С. Антипов

Старший научный сотрудник, к.т.н.
специалист III уровня квалификации
по неразрушающему контролю

Ю.И. Удралов

От ОАО «Ижорские заводы»Начальник ЦЛНМК,
специалист III уровня квалификации
по неразрушающему контролю

Р.Л. Табакман

Ведущий специалист по радиографии,
д.т.н.
специалист III уровня квалификации
по неразрушающему контролю

В.М. Зуев

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Подпись и дата
Инв. № дубл.	Подпись и дата
Подпись и дата	

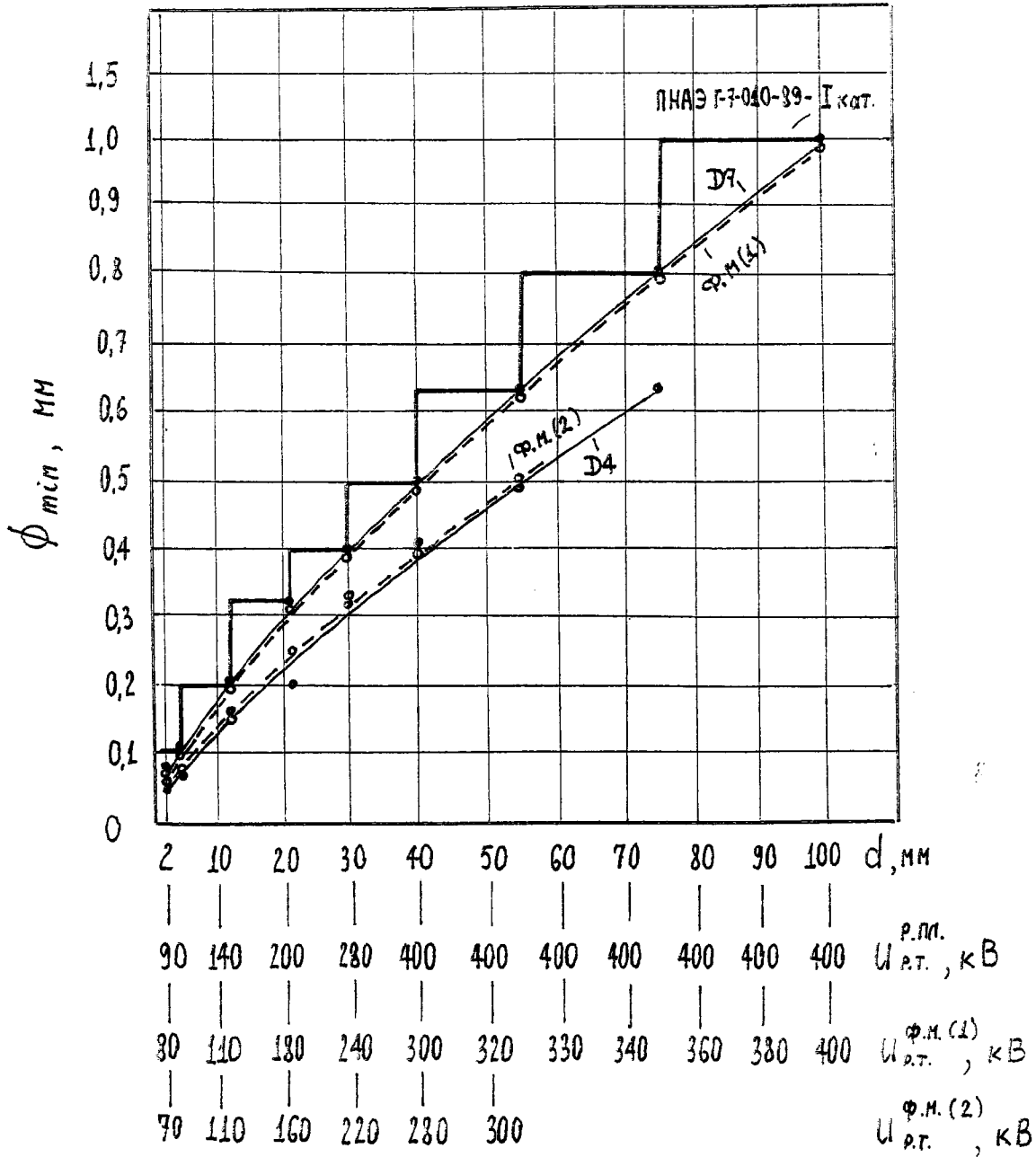


Рис. 1 Чувствительность контроля (проволожный эталон)

в зависимости от просвечиваемой толщины стали при соответствующем напряжении на рентгеновской трубке (значения U_{р.т.} соответствуют ГОСТ 20426-82):

— — — радиографическая пленка, - - - - - фосфонатик Flex NR.

Ступенчатая кривая отражает требования к φ_{min} для I категории по ПНАЭ Г-7-010-89.

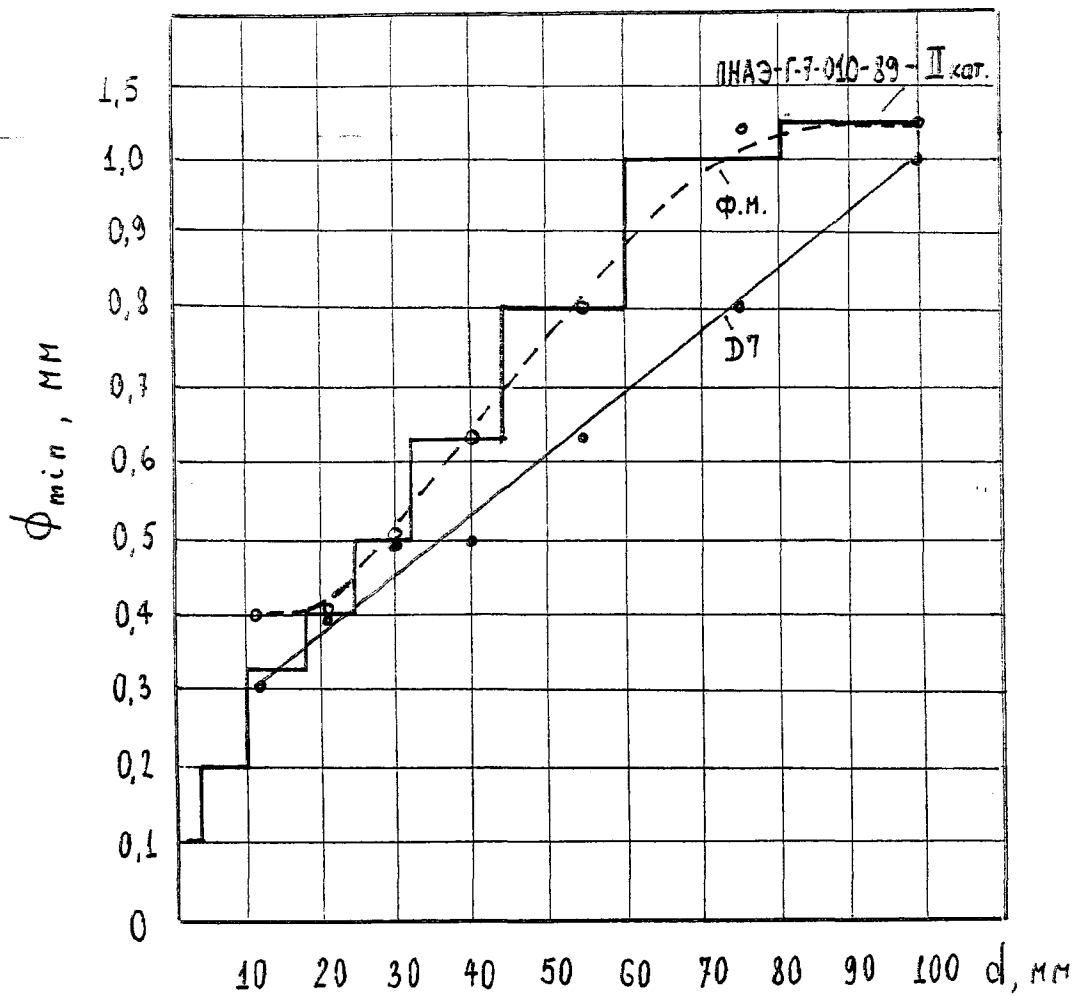


Рис. 2 Чувствительность контроля (проволочный эталон) в зависимости от просвечиваемой толщины стали при использовании гамма-источника I_2-192 :

————— радиографическая пленка, - - - - фосфороматик Flex NR

Ступенчатая кривая отражает требования к ϕ_{\min} для II категории по ПНАЭ-Г-7-010-89.

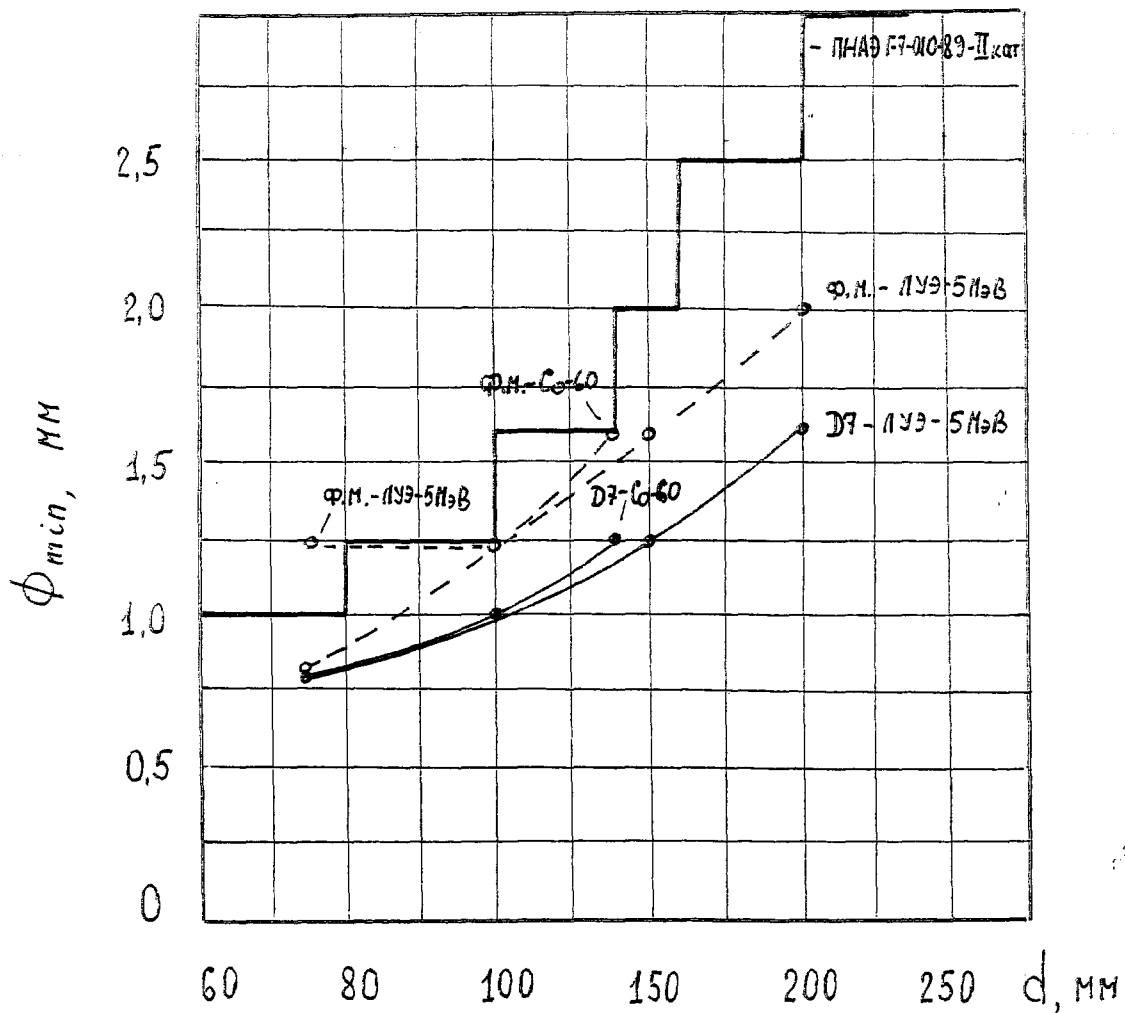


Рис. 3 Чувствительность контроля (проволожный эталон) в зависимости от просветиваемой толщины стали при использовании гамма-источника Со-60 и ускорителя электронов ПУЭ-5МэВ :

— — радиографическая пленка, - - - - фосфороматик Flex HR

Ступенчатая кривая отражает требования к Φ_{min} для II категории по ПНАЭ F7-010-89

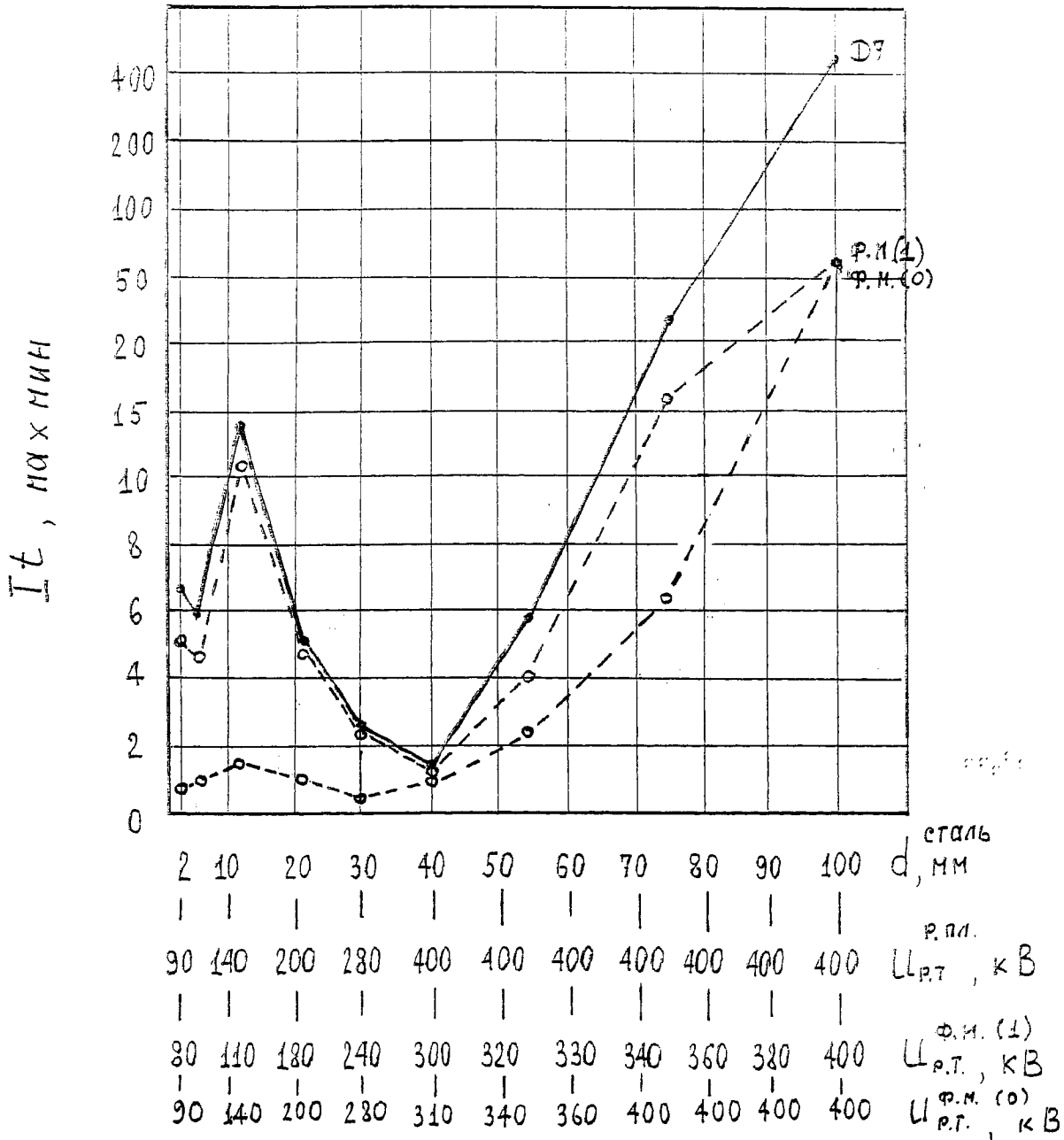


Рис. 4. Номограммы экспозиций рентгенопроектирования.

Фокусное расстояние (источник-кассета) $F = 800$ мм.

— радиграфическая пленка D7 (оптич. плотн. $D = 1,5$);

---- фосфонатик Flex HR (уровень $\approx 20\%$)

(свинцовый экран $d = 0,027$ мм (для "Фосфонатик" при $d \geq 75$ мм - $d = 0,1$ мм).

$d_{стали} \leq 21$ мм - РУП-150/300; $d_{стали} \geq 30$ мм - МС-420.

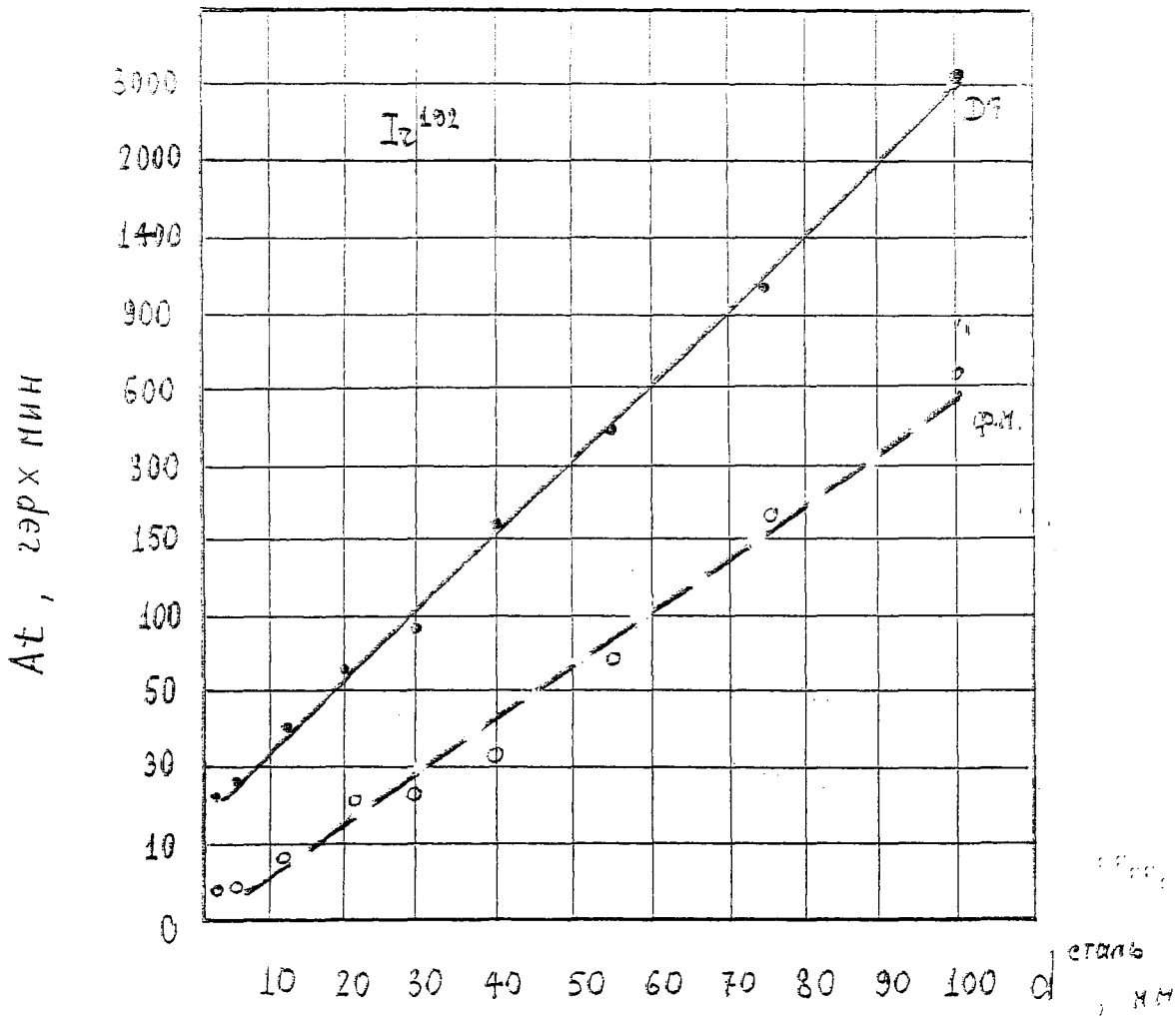


Рис. 5. Номограммы экспозиций гамма-проектирования.

Источник излучения - $Iz-192$. Активность 26 гэр. Фокус. пятно 3x3 мм.

Фокусное расстояние (источник - кассета) $F = 500$ мм :

— — — радиографическая пленка D7 (оптич. плотн. $D=1,5$) ;

- - - - фосфороматик Flex HR (уровень $\approx 20\%$)

Свинцовый экран : р. пленка - $d=0,2$ мм ; фосфороматик - $d=0,1$ мм.

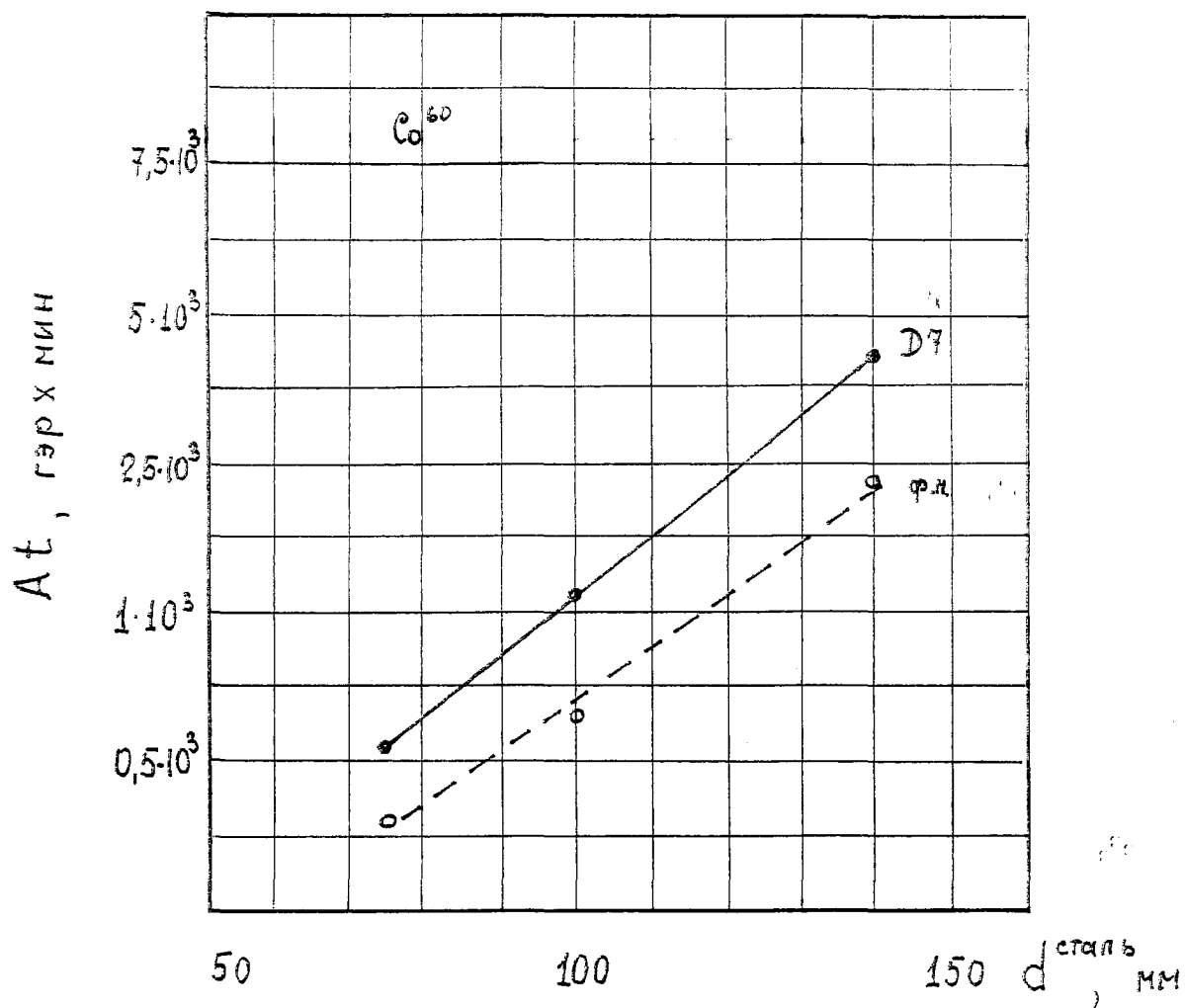


Рис. 6. Номограммы экспозиций гамма-проезвигвания

Источник излучения - Co^{60} . Активность 30 гэр. Фокус. пятно 4×4 мм.

Фокусное расстояние (источник-кассета) $F = 700$ мм :

— — — радиографическая пленка D7 (оптич. плотн. $D = 1,5$);

— — — — флуороматик Flex HR (уровень $\approx 20\%$)

Свинцов. (олов.) экран толщиной $d = 0,5$ мм.

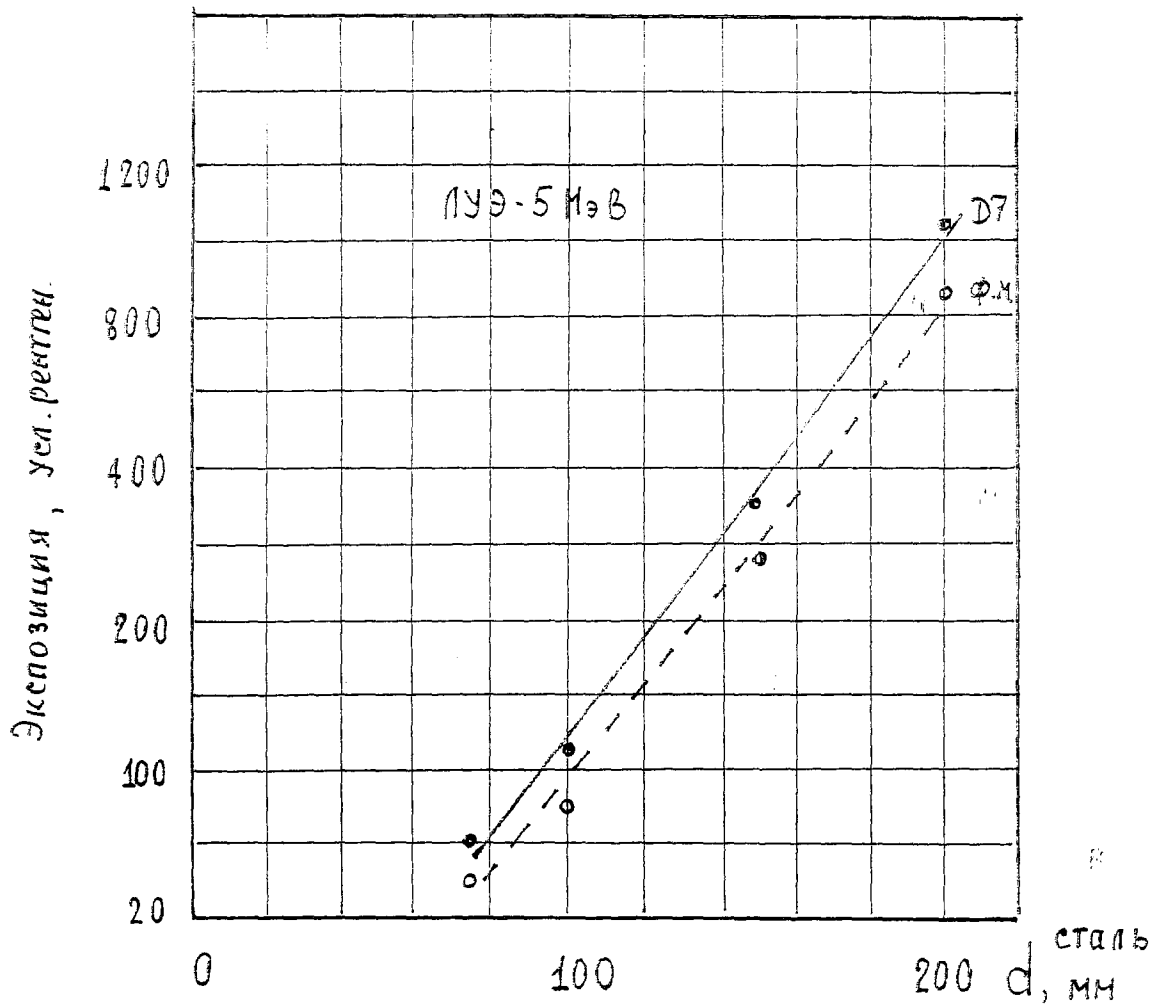


Рис. 7. Номограммы экспозиции просвечивания
 тормозным излучением ускорителя электронов ПУЭ-5 МэВ.
 Фокусное расстояние (источник-кассета) $F=4000$ мм:

————— радиографическая пленка D7 (оптич. плогн. $D=1,5$)

- - - - - фотосроматик Flex HR (уровень $\approx 20\%$)

Свинцов. (оловян.) экран толщиной $\delta = 0,5$ мм.