

АКИШИНА, А. П. и др.

БЗ-14-9332.

+



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

C-350

A-394

4839/75

БЗ-14-9332

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1975



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных реакций

А.П. Акишнина, В.С. Барашенков, В.Г. Иванов

БЗ-14-9832

ПРИМЕНЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ  
В СИСТЕМЕ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ. II

Рукопись поступила  
в издательский отдел  
24 мая 1975 г.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

г. Дубна, 1975



### А Н Н О Т А Ц И Я

Изучены пропускная способность и степень забиваемости нескольких фильтрующих устройств, в которых происходит частичный срыв отфильтрованных взвесей с поверхности фильтра потоком фильтруемой жидкости. Срыв значительно уменьшает забивание фильтра и увеличивает время его действия. Рассмотрена возможность простой регенерации ядерных фильтров путем механического удаления отфильтрованных взвесей с его поверхности.



В работе (1) изучалась пропускная способность и степень забиваемости ядерных фильтров по отношению к воде, используемой в системе коммунального водоснабжения. При этом было установлено, что ядерные фильтры можно применять для очистки воды при условии, если будет организован достаточно эффективный смыв отфильтрованных взвесей с поверхности фильтра. В противном случае происходит чрезвычайно быстрое забивание фильтра.

Это хорошо видно также на рис.1, где показана временная зависимость пропускной способности и возрастание перепада давления для плоского другого фильтра с перпендикулярным потоком жидкости (см.рис.2). Для диаметров пор  $\leq 1$  мкм пропускная способность уменьшается во много раз за доли минуты и в дальнейшем остается на слабо изменяющемся уровне лишь благодаря резкому возрастанию давления  $\Delta P$ . Для больших значений  $D$  резкое снижение пропускной способности происходит в интервале 3-5 минут.

Такое поведение величин  $v$  и  $\Delta P$  обусловлено тем, что ядерные фильтры в отличие от других типов фильтрующих материалов обладают очень малой "пылеемкостью" и собирают отфильтрованные взвеси практически целиком на своей поверхности.

Настоящая работа является продолжением работы (1) и посвящена изучению характеристик нескольких фильтрующих устройств, конструкция которых предусматривает частичный смыв отфильтрованных взвесей.

На рис.3-5 показан фильтр с цилиндрической поверхностью, где смыв взвесей происходит благодаря турбулентному и ударному действию первичных струй и действию потока жидкости, стекающей вдоль искривленной поверхности фильтра, перпендикулярно образующим цилиндра.

Поток жидкости образуется при открытом клапане стока, а также вследствие быстрой фильтрации жидкости сквозь пленку ядерного фильтра - эта часть потока остается и при закрытом клапане стока.

Результаты измерения пропускной способности  $v$  и давления  $\Delta P$  для этого фильтра приведены на рис.6. Для сравнения там же указаны со-



ответствующие данные для плоского фильтра без смыва с равной пористостью подложки  $P_{подл.}$ . Плоский фильтр имел форму прямоугольника с рабочей поверхностью фильтрующей пленки  $78 \text{ см}^2$ . Специальная перегородка препятствовала тангенциальному движению жидкости вдоль поверхности пленки (рис 7).

Величина  $v(t)$  для обоих фильтров практически одинакова благодаря тому, что большее забивание плоского фильтра автоматически компенсируется соответствующим увеличением давления  $\Delta P$ . Пропускная способность плоского фильтра для случая, когда  $\Delta P$  все время остается таким же, как и для полуцилиндрического фильтра, можно оценить, воспользовавшись известной формулой Пуазейля

$$v \sim D^2 P_0 (P-1),$$

где:  $P = 1 + \Delta P$  - давление на входе фильтра. Тогда

$$v(\Delta P) = v(\Delta P_1) \frac{P-1}{P_1-1} \quad (1)$$

Из рис.6 видно, что эта величина (точечная кривая) убывает намного быстрее, чем пропускная способность цилиндрического фильтра.

Обращает на себя внимание, что забиваемость плоского фильтра на рис.6 оказывается значительно меньше, чем в случае фильтра использовавшегося для построения рис.1. По-видимому, это связано, во-первых, с тем, что пористость металлической подложки миллипоровского фильтродержателя намного больше, благодаря чему сквозь этот фильтр в первые минуты проходит большой поток жидкости; во-вторых, в фильтре, изображенном на рис.7, возможно некоторое перемешивание жидкости, что также снимает забиваемость.

На рис.8 показано изменение со временем суммарной пропускной способности полуцилиндрического фильтра

$$V(t) = \int_0^t v(t) dt$$



(в куб.метрах в расчете на кв.метр фильтрующей поверхности) и среднее значение величины  $V$  за первые полчаса и час работы фильтра.

Пропускная способность фильтра может быть увеличена в несколько раз за счет использования подложки с большей пористостью.

На рис.9 приведены данные по пропускной способности фильтра со сшивкой по отношению к водопроводной воде при постоянном перепаде давления  $\Delta P$ . Указаны также средние значения  $v(t)$  за первые полчаса и час работы фильтра.

$$\bar{v}_{1/2} = V(t=30')/30 \text{ и } \bar{v}_1 = V(t=60')/60$$

Характер кривых в общих чертах таков же, как и на рис.6,8, однако забивание фильтра при постоянном  $\Delta P$  происходит заметно быстрее, что отражается в большем наклоне кривых  $v(t)$ ; суммарный выход отфильтрованной воды  $V(t)$  возрастает медленнее, чем на рис.8.

Сопоставление кривых 2 и 3 на рис.9 показывает влияние стока из шивы взвесей. Хотя сразу после открытия клапана стока в выходящей струе жидкости непосредственно видны сгустки взвесей, образовавшиеся за время предшествующей работы фильтра, сток дает лишь незначительное увеличение пропускной способности, особенно при длительной работе фильтра 60 мин, когда забивание велико.

Забиваемость фильтра можно снизить путем последовательного применения фильтрующих пленок с уменьшающимся диаметром пор.

На рис.9 показана также пропускная способность ядерного фильтра, регенерированного простым механическим стиранием влажных взвесей. Как видно, пропускная способность при этом восстанавливается почти полностью. Однако свойства взвесей из водопроводной воды таковы, что регенерация возможна только во влажном состоянии. Механическое стирание сухих взвесей не восстанавливает пропускной способности фильтра - в отличие от фильтров, использовавшихся для очистки воды непосредственно на водозаборе (I).



Были рассмотрены также два других типа фильтров со сдвигом:

1. Плоский фильтр с тангенциальной подачей жидкости, где очищаемая фильтрующей поверхностью производится турбулентным течением струи (левый рис. 10);

2. Плоский фильтр с тангенциальной подачей жидкости и дополнительной механической очистной фильтрующей поверхностью с помощью специальной сетки (правый рис. 10).

Временная зависимость пропускной способности первого из этих фильтров показана на рис. 9 (точечная кривая). Обращает на себя внимание очень резкое уменьшение пропускной способности в начальный период работы фильтра; вместе с тем забиваемость оказывается меньшей, чем для плоского фильтра без сдвига.

На рис. 11 показана зависимость  $v(t)$  и соответствующая кривая возрастания давления  $\Delta p(t)$  для фильтра с дополнительной механической очисткой. Очистка производилась приблизительно через каждые 5 минут, однако на кривых  $v(t)$  и  $\Delta p(t)$  не заметно никаких отклонений от монотонности: такой тип механической очистки оказывается не эффективным.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что сдвиг взвесей тангенциальным потоком жидкости значительно увеличивает время работы фильтра. При этом наилучшие результаты получены с фильтром, имеющим полусферическую фильтрующую поверхность. Производительность такого фильтра оказывается вполне достаточной для многих практических задач. Следует отметить, что при увеличении размеров фильтра и использовании подложек с большей пористостью очищающее действие струи жидкости станет еще более эффективным.

Быстрое уменьшение производительности фильтра в начальном периоде его работы указывает на целесообразность применения последовательных фильтрующих элементов с уменьшающимися размерами пор, а также использование предфильтров других типов для отделения грубых взвесей.

В заключение мы пользуемся случаем выразить нашу благодарность А.Г.



Шильмову за изготовление фильтродержателей и предложения по  
улучшению их конструкции.

Мы глубоко благодарны Г.Н.Блорову за чрезвычайно ценные  
для нас советы и критические замечания на протяжении всей нашей  
работы с ядерными фильтрами.



ПОДПИСИ И РИСУНКИ

Рис. 1. Перепад давления и количество водопроводной воды, проходящей в момент времени  $t$  сквозь ядерный фильтр без слива.

Использовали стандартный "менинпоревский фильтродержатель" с диаметром фильтра 22 мм (см. рис. 2). Сплошные и пунктирные кривые относятся соответственно к фильтрам с диаметром пор 4,8 и 0,8 мкм. Пористость фильтров 10%.

Рис. 2. Схема друк-фильтра без слива.

Пунктиром показана пленка ядерного фильтра.

Рис. 3. Схема устройства с цилиндрической фильтрующей поверхностью.

яф - ядерный фильтр на металлической подложке (в данном случае пористость этой подложки  $P_{подл} = 20\%$ , рабочая площадь фильтра  $S = 390 \text{ см}^2$ ).

н - контрольный манометр;

с - сток жидкости, которая использовалась для дополнительного слива; количество этой жидкости регулируется с помощью специального клапана;

вк - подача жидкости для фильтрации;

вых - сток профильтрованной жидкости.

Рис. 4. Внешний вид фильтра, схема которого дана на рис. 3.

Рис. 5. Фильтродержатель с цилиндрической фильтрующей поверхностью в разобранном виде (прикинемальная схема и внешний вид устройства даны на рис. 3, 4). Хорошо видна металлическая подложка фильтра.

Рис. 6. Перепад давления и количество водопроводной воды, проходящей в момент времени  $t$  через полуцилиндрический фильтр со сливом (сплошные кривые, клапан дополнительного стока полностью перекрыт) и плоский фильтр без слива (пунктир). Точечная кривая - пропускная способность плоского фильтра без слива, рассчитанная по формуле (1).

Диаметр пор  $D=0,8$  мкм, пористость ядерного фильтра  $P_{\phi} 10\%$ .

Рис. 7. Схема плоского фильтра без слива.

А - вид сверху, В - вид в разрезе. Пунктиром показан ядерный фильтр на металлической подложке с пористостью  $P_{подл} = 20\%$ .



и - перегородки, препятствующие течению жидкости по поверхности фильтрующей пленки.

Рис. 8. Суммарное количество водопроводной воды, профильтрованное за время  $t$  полуцилиндрическим фильтром (дополнительный сток полностью отключен).  $D=0,8$  мм,  $P_0=10\%$ .

Рис. 9. Дифференциальная и интегральная пропускная способность фильтра при  $\Delta P = \text{const}$  ( $D=0,8$  мм,  $P_0=10\%$ ).

Пунктирные кривые

1 -  $v(t)$  для полуцилиндрического фильтра при  $\Delta P = 1 \text{ атм}$  (дополнительный сток полностью отключен),

2 - то же для  $\Delta P = 0,5$  атм,

3 - то же, что и кривая 2, но через дополнительный сток пропускается около 30% полного количества проходящей через фильтр водопроводной воды,

4 - то же, что и кривая 2, но после однократной механической регенерации ядерного фильтра.

Сплошные кривые - соответствующие значения  $v(t)$ .

Точечная кривая -  $v(t)$  для плоского фильтра со смывом (рис. 10) при  $P=0,5$  атм,  $D=0,6$  мм,  $P_0=10\%$ .

Рис. 10. Схема двух фильтродержателей с тангенциальным потоком жидкости.

A - вид сверху, B - вид в разрезе.

яф - ядерный фильтр на металлической подложке (пористость  $P_{\text{подл}}=20\%$ , рабочая площадь  $S=200 \text{ см}^2$ ),

ц - паралоновая щетка, которая укреплена на оси, проходящей через внешнюю поверхность фильтродержателя. При вращении ручки P щетка скользит по поверхности ядерного фильтра. Остальные обозначения как на рис. 3.

Рис. 11. Перепад давления и количество водопроводной воды, проходящей в момент времени  $t$  через плоский фильтр с механической очисткой (см. рис. 10).

Диаметр пор  $D=0,6$  мм, пористость фильтра  $P_0=10\%$ .



ЛИТЕРАТУРА

Г. В.С.Барашенков, С.П.Третьякова, А.П.Жатина;

Применение ядерных фильтров для очистки воды в системе коммунального водоснабжения, депонированная публикация ОЖИ Б1-14-3802, Дубна, 1974 г.

*р.ж.и.*

*Юльван-*

*Акуз*



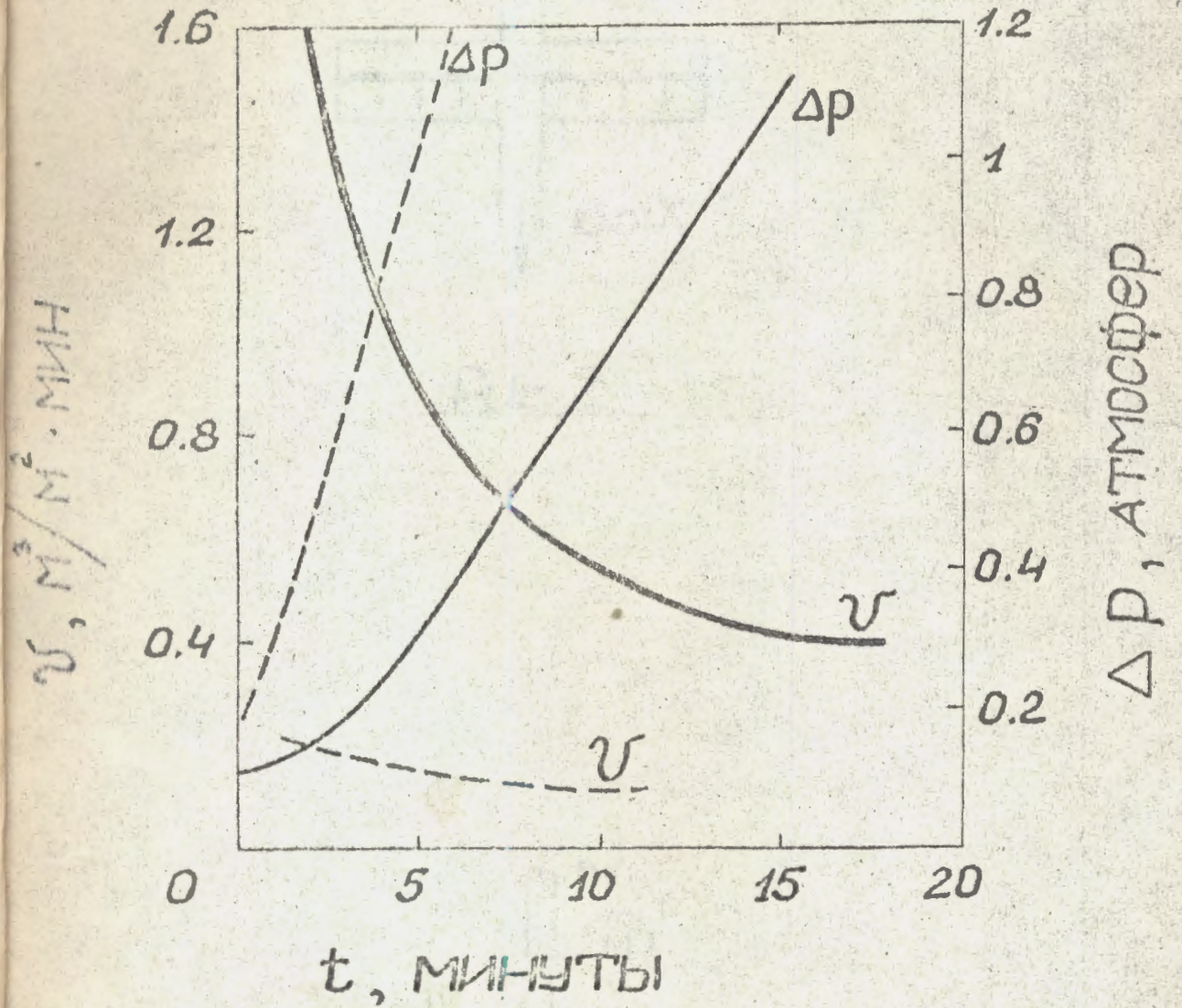


Рис. 1



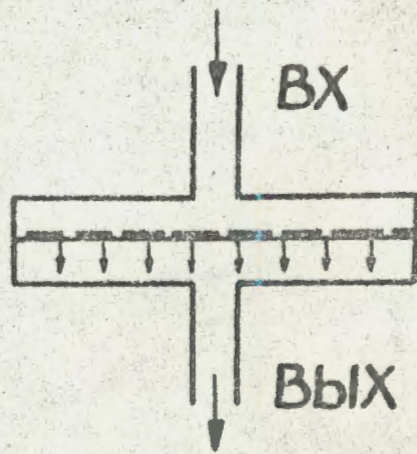


Рис. 2

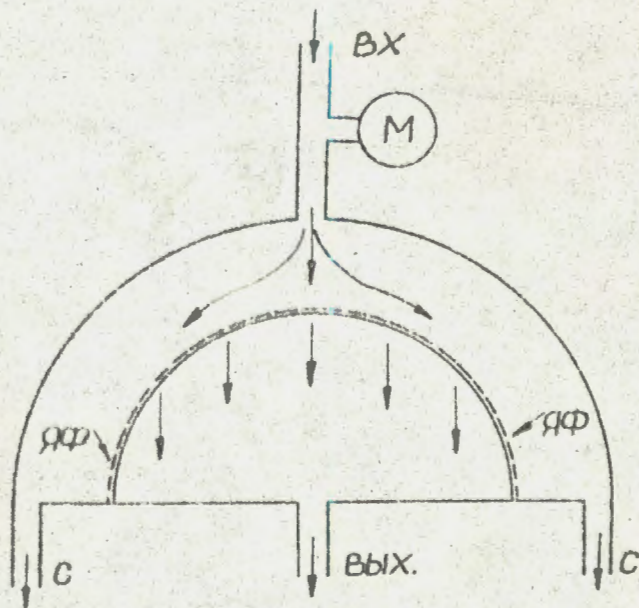


Рис. 5



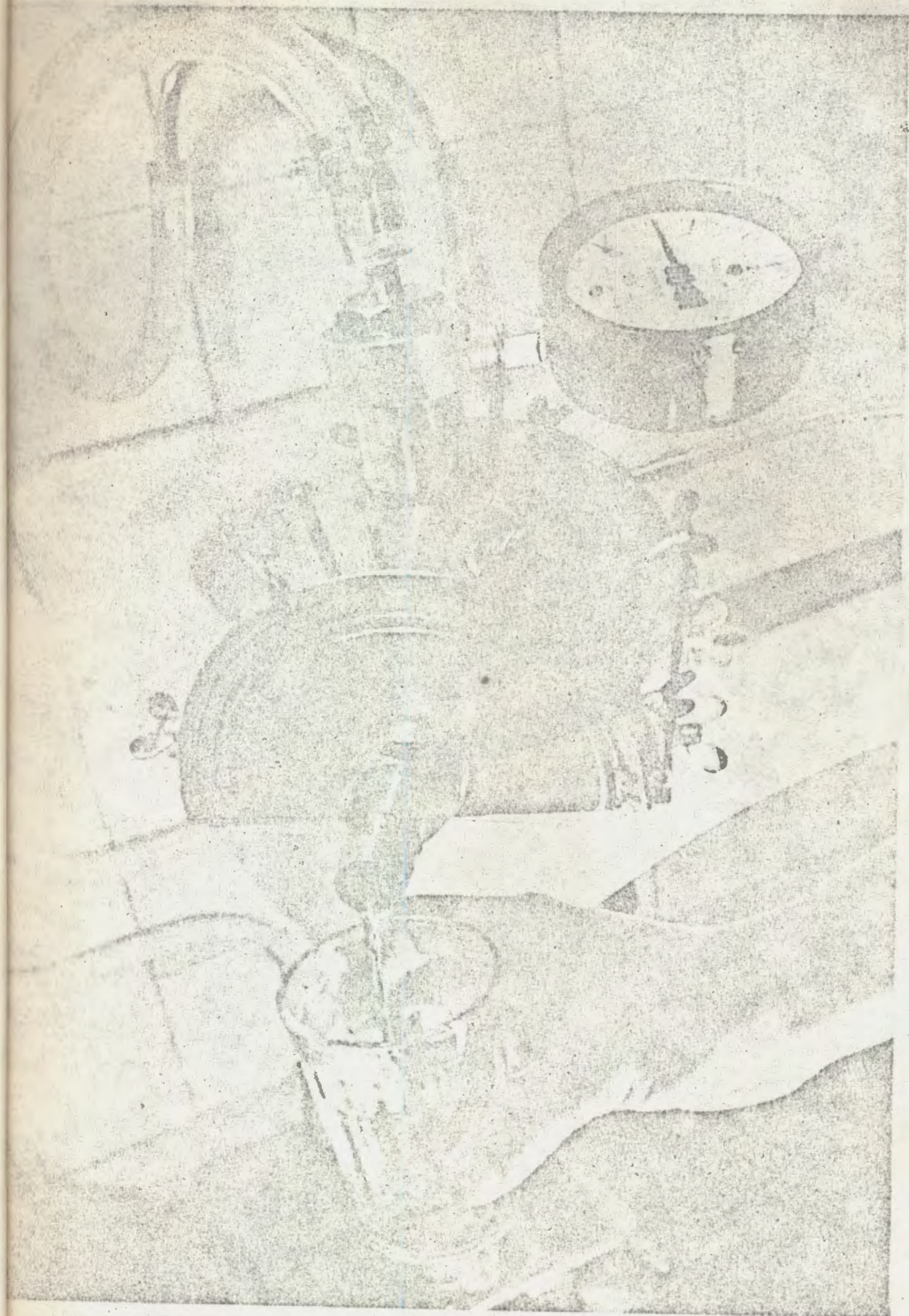


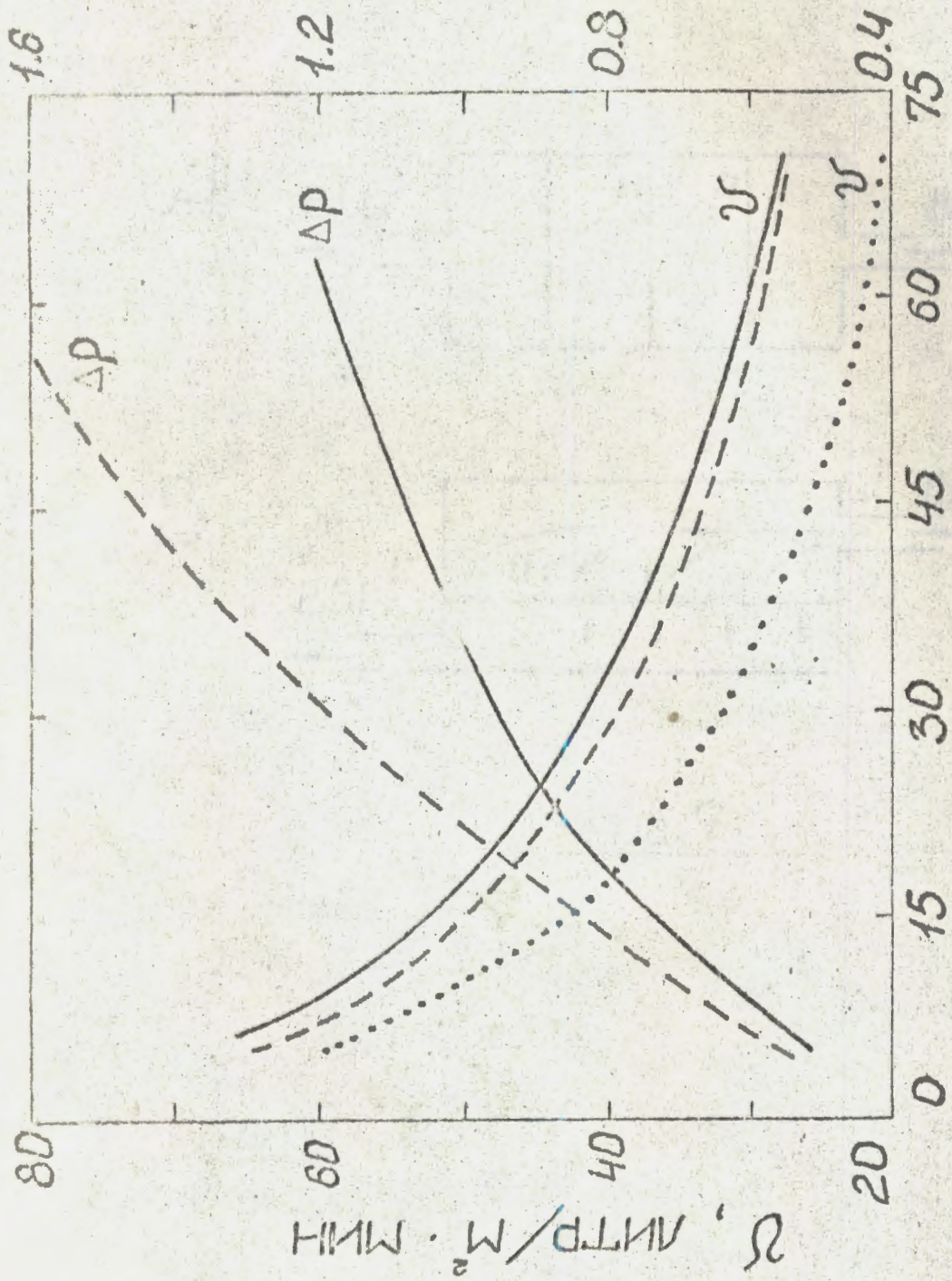
Рис. 4





Рис. 5





$t$ , МИНУТЫ

Рис. 6



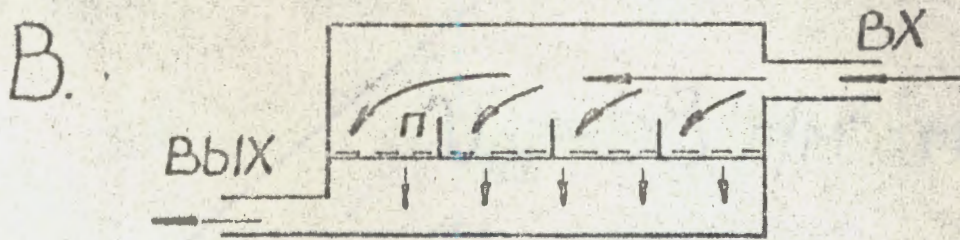
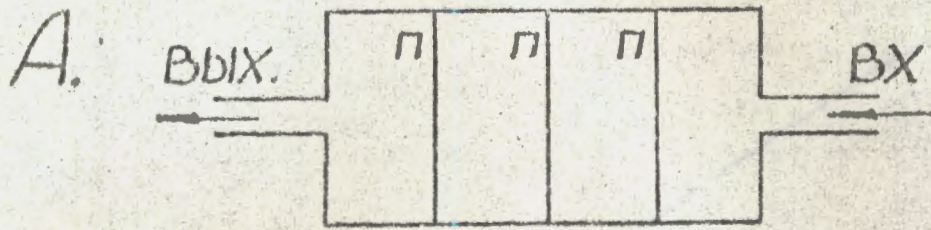


Рис. 7



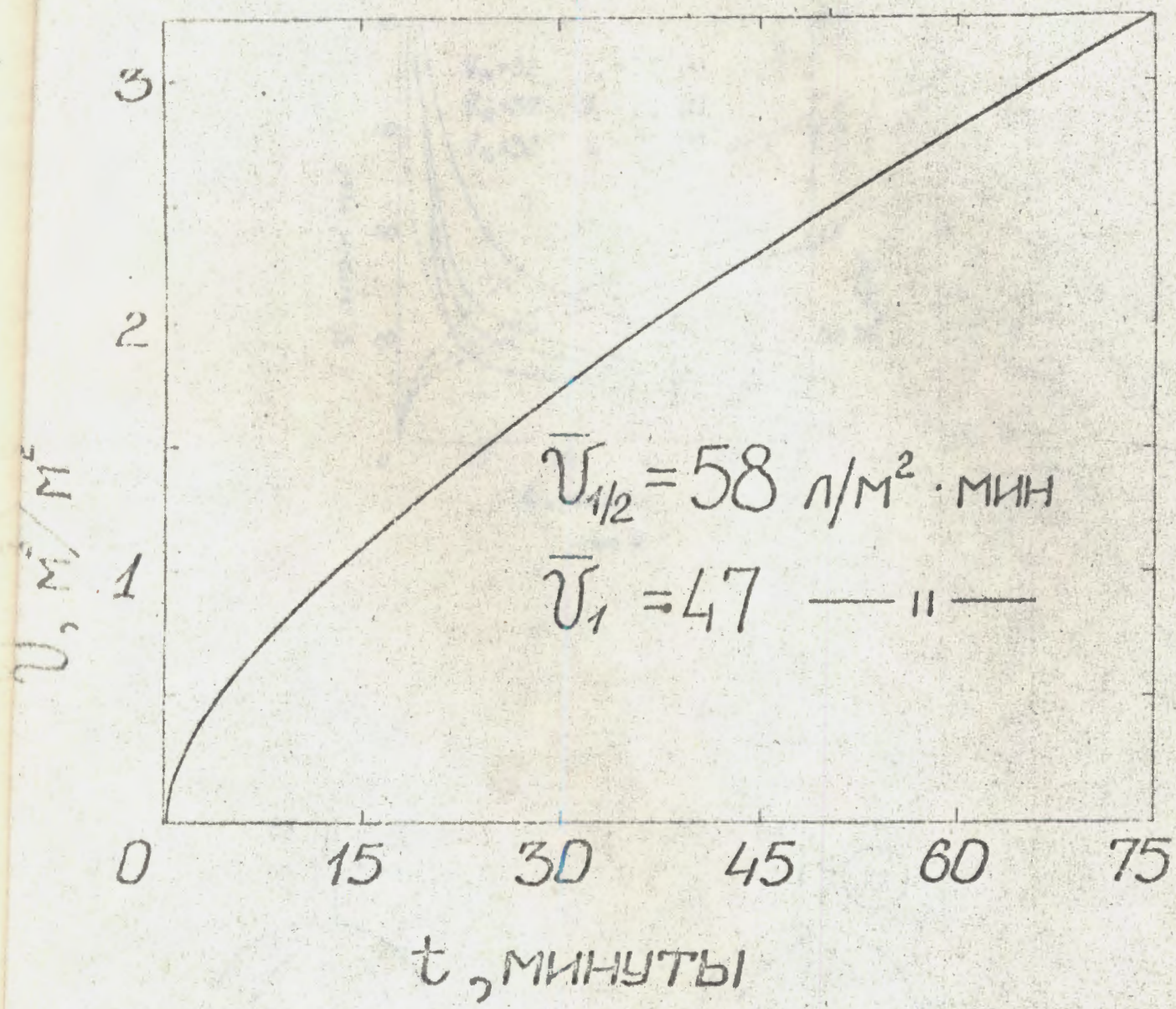


Рис. 8



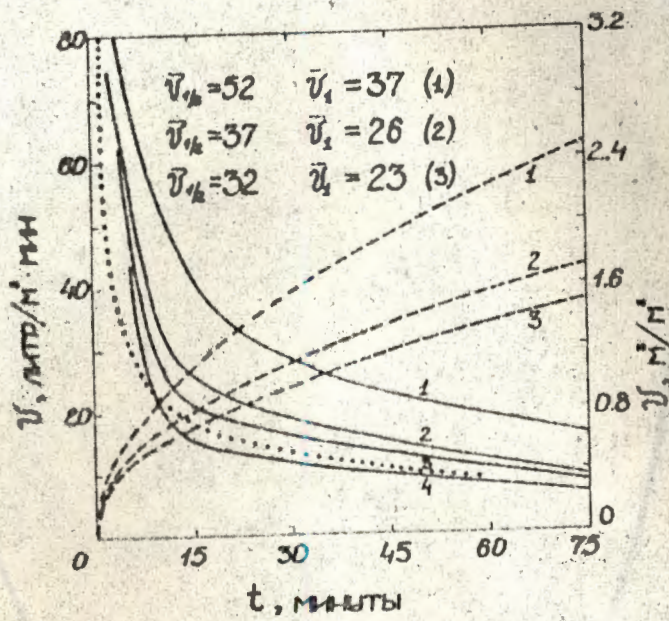


Рис. 9

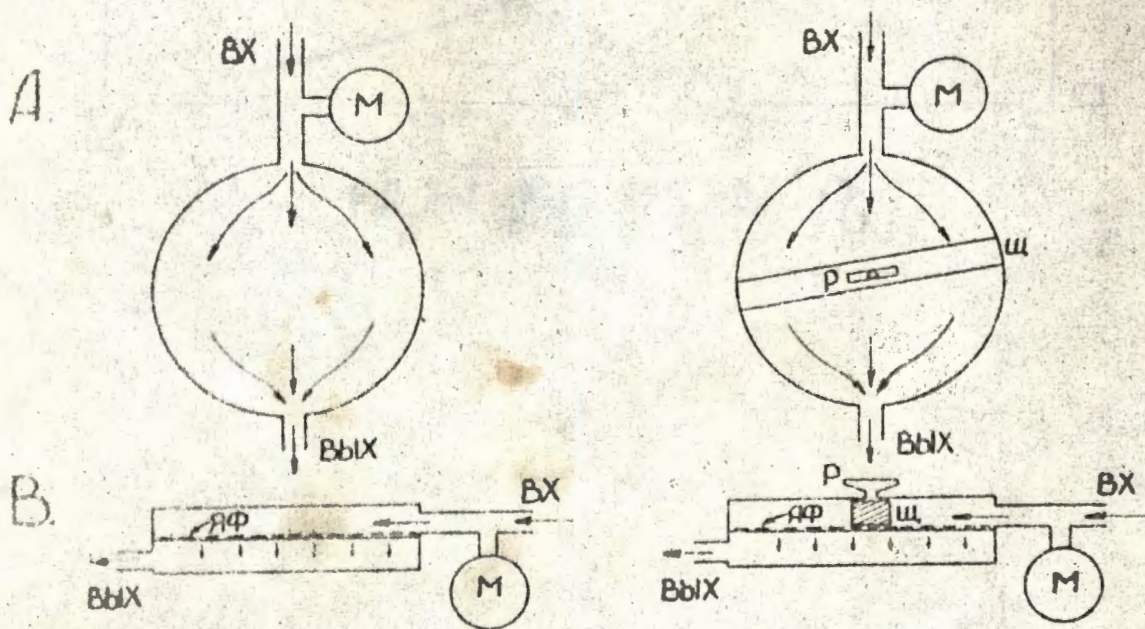


Рис. 10



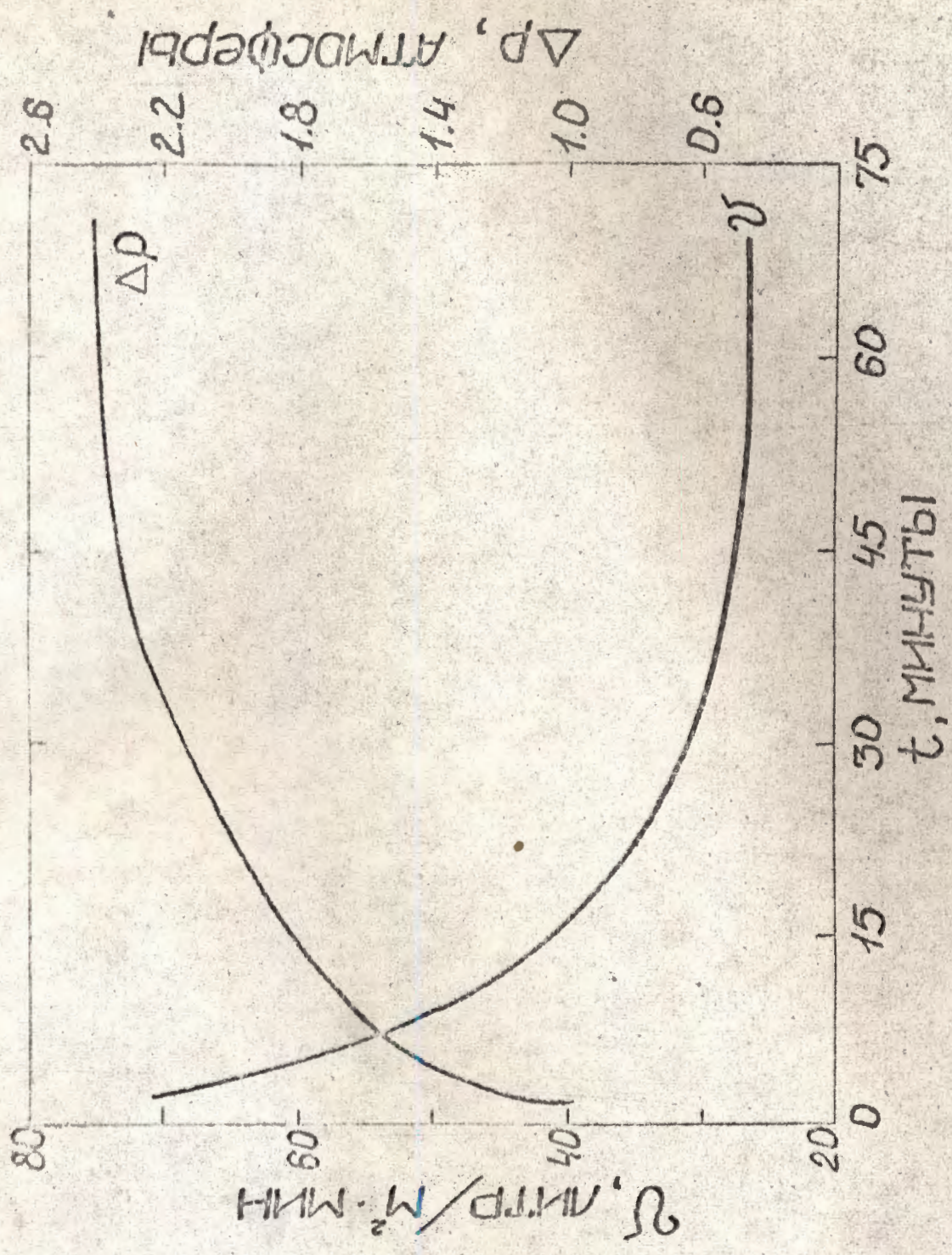


Рис. 11