



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11)

**5 045** (13) **U1**

(51) МПК  
*G21D 1/00* (1995.01)

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К СВИДЕТЕЛЬСТВУ**

(21), (22) Заявка: **95120605/20**, 15.09.1995

(30) Конвенционный приоритет:  
**15.12.1993 SK PV 1428-93**

(46) Опубликовано: **16.09.1997**

(86) Заявка РСТ:  
**SK 94/00005 (14.12.1994)**

(71) Заявитель(и):

**Вискумни устав ядрович электрарни а.с. (SK)**

(72) Автор(ы):

**Нехневски Яири[CZ],  
Беднарик Карел[CZ],  
Фалтус Йозеф[CZ]**

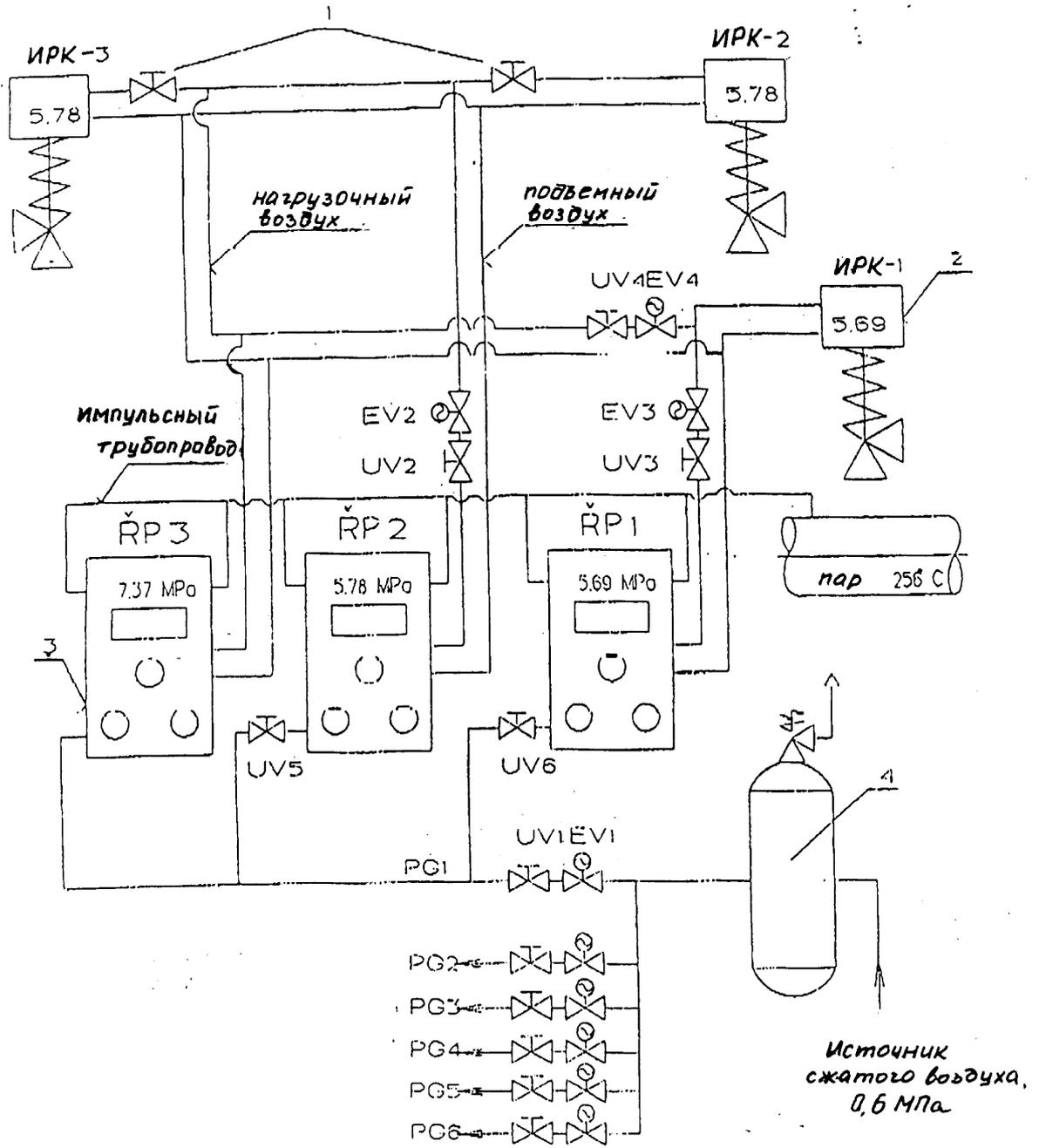
(73) Патентообладатель(и):

**Вискумни устав ядрович электрарни а.с. (SK)**

**(54) СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ОТКРЫТИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
КЛАПАНОВ ПАРОГЕНЕРАТОРА**

(57) Формула полезной модели

Средство для предотвращения развития аварийной ситуации ядерной энергетической установки с реактором VVER-44 (V-213) в случае потери теплоносителя через стенки парогенератора, содержащее источник сжатого воздуха и систему его распределения с управляющими устройствами RP1, RP2, сообщенными с парогенератором, и импульсными регулирующими клапанами ИРК 1, 2, 3, отличающееся тем, что оно снабжено дополнительным управляющим устройством RP3, сообщенным с парогенератором и через трубопроводы подъемного воздуха - с импульсными регулирующими клапанами ИРК 1, 2, 3, через трубопроводы нагрузочного воздуха - с импульсными регулирующими клапанами ИРК 2, 3 и через введенные в трубопровод нагрузочного воздуха отсечные клапаны EV4, UV4 - с импульсным регулирующим клапаном ИРК 1, в трубопроводы нагрузочного воздуха управляющих устройств RP 1, 2 введены отсечные клапаны EV2, UV2, EV3, UV3, а со стороны источника сжатого воздуха установлена емкость 4 с отсечными клапанами EV1, UV1 на ее выходе, сообщенными с управляющими устройствами RP1, 2, 3.



95120605

СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ОТКРЫТИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ  
КЛАПАНОВ ПАРОГЕНЕРАТОРА

Техническое решение касается преодоления аварийной ситуации на ядерной энергетической установке, оборудованной реакторами типа VVER, возникшей в результате потерь теплоносителя в парогенератор через стенки системы охлаждения реактора (авария с потерей теплоносителя через стенки (АПТС)).

1. Энергетическая ядерная установка с реакторами VVER-440

При возникновении потерь теплоносителя через стенки охлаждающей системы в парогенератор энергетической ядерной установки (авария с потерей теплоносителя через стенки (АПТС)) существует адекватная последовательность действий (например, Р4 для Дукованьской ядерной энергетической установки) после обнаружения повреждения парогенератора (повреждение теплообменной трубы, утечки из первичного коллектора) или повреждений трех парогенераторов, в соответствии с которой оператор должен, среди прочего, вручную закрыть главные отсечные клапаны на ответвлениях главного циркуляционного контура, чтобы отключить контур с поврежденным парогенератором от системы охлаждения реактора или отключить три поврежденных контура от системы охлаждения реактора. Конструкция реактора и существующая последовательность действий не предусматривают возможности закрытия соответствующего главного отсечного клапана. В случае, если авария будет развиваться по неблагоприятному

сценарию, т.е. в случае невозможности отсечь поврежденный контур путем закрытия главного отсечного клапана, неизбежно существенное загрязнение вторичного контура ядерной энергетической установки и попадание радиоактивной жидкости в окружающую среду.

## 2. Ядерная энергетическая установка с реактором VVER-1000

Система циркуляции теплоносителя реактора данной энергетической установки не оборудована главными отсечными клапанами. Поэтому, в случае аварии с потерей теплоносителя через стенки в парогенератор, есть опасность существенного загрязнения вторичного контура установки и радиоактивного заражения окружающей среды. Главная проблема состоит в том, что при данном характере развития события и при существующей конструкции установки с реакторами VVER, невозможно немедленно отсечь поврежденный парогенератор.

Опасность радиоактивного заражения окружающей среды существует вследствие технических трудностей быстрого и надежного сброса давления в системе циркуляции теплоносителя до уровня давления открытия предохранительных клапанов поврежденного парогенератора или разгрузочной станции.

Предлагается средство перенастраивания давления открытия предохранительных клапанов поврежденного парогенератора на уровень близкий к уровню давления инспекционных испытаний оперативно, в течение необходимого периода времени и в заданный момент времени во время события с помощью простых и надежных манипуляций. Для реакторов типа VVER-440 таким событием

может явиться, например, авария с потерей теплоносителя в парогенератор в том случае, если поврежденный контур не может быть отсечен от системы циркуляции теплоносителя путем закрытия ее главных отсечных клапанов при возникновении повреждений, вызванных данным событием. Парогенераторы реакторов VVER-440 (V-230, V-213) оборудованы предохранительными клапанами фирмы Sigma Ceska Trebova, управляемыми сжатым воздухом по лицензии Wopp-Reuther.

Средство для временного повышения давления открытия предохранительных клапанов парогенератора, поврежденного в результате аварии с потерей теплоносителя через стенки, до необходимого уровня (реактор VVER-440) выполнено в виде модификации (рис.2) существующей системы управления (рис.1) предохранительным клапаном SIZ-1508 с полным рабочим ходом, используемым в реакторе VVER-440 (V-213).

На рис.1 представлена схема существующей пневматической системы управления предохранительными клапанами парогенератора для реактора VVER-440 (V-213). Нагрузочное и подъемное управляющее давление, необходимое для подачи в дифференциальный поршень, находящегося под давлением цилиндра 2 соответствующего предохранительного клапана, подается от системы распределения сжатого воздуха с давлением 0,6 МПа при помощи управляющего устройства RP, настроенного на давление открытия 5,69 МПа или 5,78 МПа. Если давление в импульсном трубопроводе устройства, соединенного с защищаемым оборудованием, поднимается выше установленной величины давления

открытия, нагрузочный воздух поступает в устройство управления, что приводит к созданию разрежения над дифференциальным поршнем в цилиндре со сжатым воздухом. В результате этого предохранительный клапан открывается. В случае уменьшения давления в защищаемом оборудовании давление нагрузочного воздуха восстанавливается и предохранительный клапан закрывается. Система управления оборудована системой выброса в атмосферу типа N2-1, позволяющей соединить устройство управления с предохранительными клапанами и принудительно открыть некоторые из них по отдельности при давлении открытия ниже установленной величины.

Сущность предлагаемого средства изменения системы управления (рис.2), которое позволяет перенастраивать давление открытия в поврежденном парогенераторе в процессе развития повреждений на величину близкую к давлению инспекционных испытаний, вызванных аварией с потерей теплоносителя через стенки в парогенератор в заданный момент времени, состоит в том, что в существующую систему управления вводятся управляющее устройство RP3, емкость 4 с запасом воздуха примерно на три часа работы и отсечные клапаны UV1-UV4 или EV1-EV4.

Переход к повышенному давлению открытия может быть осуществлен простым открытием клапанов EV4 или UV4 и закрытием клапанов EV2,3 или UV2,3 (дистанционно или на месте). Как только давление в парогенераторе достигает 7,37 МПа, открываются импульсные регулирующие клапаны ИРК 1,2,3. При этом величина давления в защищаемом оборудовании не превышает величины давления при

инспекционных испытаниях и опрессовке корпуса предохранительного клапана. Новая конфигурация сохраняет все прежние предохранительные функции. Например, если необходимо закрыть клапаны EV1, UV1 в случае повреждения RP1 или RP2, импульсные регулирующие клапаны переводятся на режим непосредственного открытия, т.е. к "пружинному" режиму при давлении 5,69 МПа или 5,78 МПа. Возможные режимы работы системы импульсных управляющих клапанов и их рабочие характеристики представлены в таблице 1. Отсечные клапаны UV1-UV4 дублируют работающие от мотора клапаны EV1-EV4 в случае их поломки. В то же время все клапаны, приводимые в действие от мотора, имеют ручное управление. Ввиду уникальности использования модифицированной системы нет необходимости следовать технической спецификации для импульсных регулирующих клапанов No. TP07-23У-14/81, стр.3, пункт 13, которая устанавливает максимальное допустимое число импульсных регулирующих клапанов в одном управляющем устройстве. Управляющее устройство RP3 для управления давлением открытия вблизи давления инспекционных испытаний должно быть обозначено, например, красными точками, цветными полосами и т.п.

Преимущества проявляются при повреждениях в результате аварии с потерей теплоносителя через стенки в парогенератор. Главное преимущество временной перенастройки давления открытия предохранительных клапанов поврежденного парогенератора ядерной энергетической установки, оборудованной реакторами VVER,

до давления близкого к давлению инспекционных испытаний парогенератора, состоит в повышении безопасности вследствие существенного увеличения времени до начала действий персонала. Это время недостаточно или его нет вовсе при реализации существующих решений. Таким образом, предлагаемое техническое решение имеет следующие преимущества:

- предотвращается существенное загрязнение вторичного парового контура и системы подачи воды вследствие немедленного отключения парогенератора от трубопроводной системы после обнаружения повреждения парогенератора;

- уменьшается опасность выброса радиоактивной жидкости в атмосферу через предохранительные клапаны парогенератора;

- существует возможность немедленного сброса давления в системе циркуляции теплоносителя при стандартной подаче энергии ядерной энергетической установкой без необходимости предварительного охлаждения теплоносителя для установления необходимых пределов вскипания. При этом величина критического выброса жидкости из первичного во вторичный контур поврежденного парогенератора по существу мгновенно уменьшается;

- существует возможность поддержания работоспособности при наличии сигнала "Большая авария с потерей теплоносителя" при преодолении аварии с потерей теплоносителя через стенки в парогенератор в случае, если небольшая утечка (приводящая к разрушению одной из

теплообменных труб) внезапно становится большой (повреждение пучка труб или внезапная потеря целостности оболочки первичного коллектора парогенератора);

- нет необходимости в отключении баков системы впрыска аварийного теплоносителя (аккумуляторов) от системы циркуляции теплоносителя реактора в течение события при необходимости сброса давления в системе циркуляции теплоносителя реактора;

- предлагаемое техническое решение облегчит преодоление аварии с потерей теплоносителя через стенки в парогенератор с помощью автоматического включения защит.

Примечание: для ядерной энергетической установки, используемой на Дукованьской атомной станции, важность данного технического решения возрастает в связи с вводом в эксплуатацию системы контроля, которая будет количественно определять величину утечки при аварии с потерей теплоносителя в парогенератор.

К недостаткам реактора VVER-440 (V-213) относится необходимость модифицирования системы распределения управляющего воздуха для предохранительных клапанов парогенератора, суммарная стоимость которой на один паропровод достигает 220 000 Кс, т.е. 1 320 000 Кс на один реактор, и повышенные расходы на техническое обслуживание и работы по совершенствованию (один раз в год) устройства управления РРЗ, включая проверку целостности приводимых в действие моторами отсечных клапанов EV1-EV4.

## Таблица 1

Рабочие режимы системы импульсных регулирующих клапанов парогенератора

## Штатные условия работы

ИРК 1,2,3 открыты	EV1/UV1 открыт	при закрытом - переход к "пружинному" режиму
(паропровод	EV2/UV2 открыт	при закрытом ИРК открыт
под давлением)	EV3/UV3 открыт	при закрытом ИРК открыт
	EV4/UV4 закрыт	при закрытом клапане и давлении 5,69 МПа, ИРК 2,3 также закрыты

## Нештатные условия работы

(при давлении 5,69/5,78 МПа)

ИРК открыт (5,69 МПа)	EV1/UV1 открыт
ИРК 2,3 открыт (5,78 МПа)	EV2/UV2 открыт
	EV3/UV3 открыт
	EV4/UV4 закрыт

При достижении давления 5,69 МПа ИРК 1 открывается; при дальнейшем возрастании давления ИРК 2,3 открываются при 5,78 МПа

**Условия работы при аварии**

(авария с потерей теплоносителя через стенки в парогенератор)

ИРК 1,2,3 закрыты	EV1/UV1 открыт
при давлении в	EV2/UV2 закрыт
паропроводе	EV3/UV3 закрыт
$\leq 7,0$ МПа	EV4/UV4 открыт

При достижении давления 7,37 МПа в главном паропроводе ИРК 1,2,3 открываются; при превышении установленного давления открытия RP1,2, воздух может перетекать в RP.

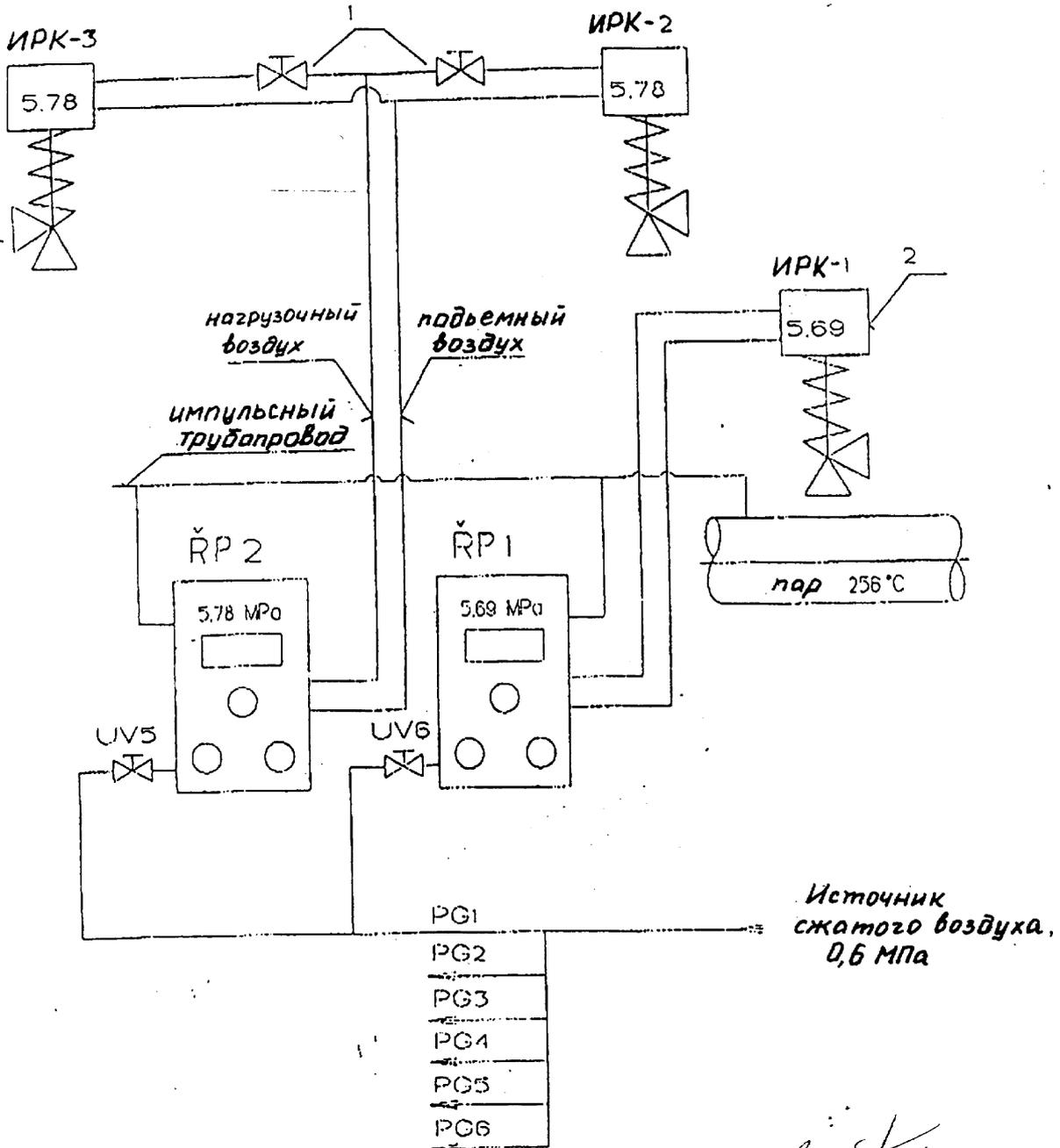
Примечание: если импульсные регулирующие клапаны (ИРК) полностью открыты при превышении давления 5,69 МПа или 5,78 МПа, ИРК будут закрыты путем открытия EV4, UV4 и закрытия EV3, UV3 и, таким образом, перенастроены на давление открытия 7,37 МПа.

95120605

FIG 1

Средство повышения давления  
открытия предохранительных  
клапанов парогенератора

Импульсный регулирующий клапан (ИРК)

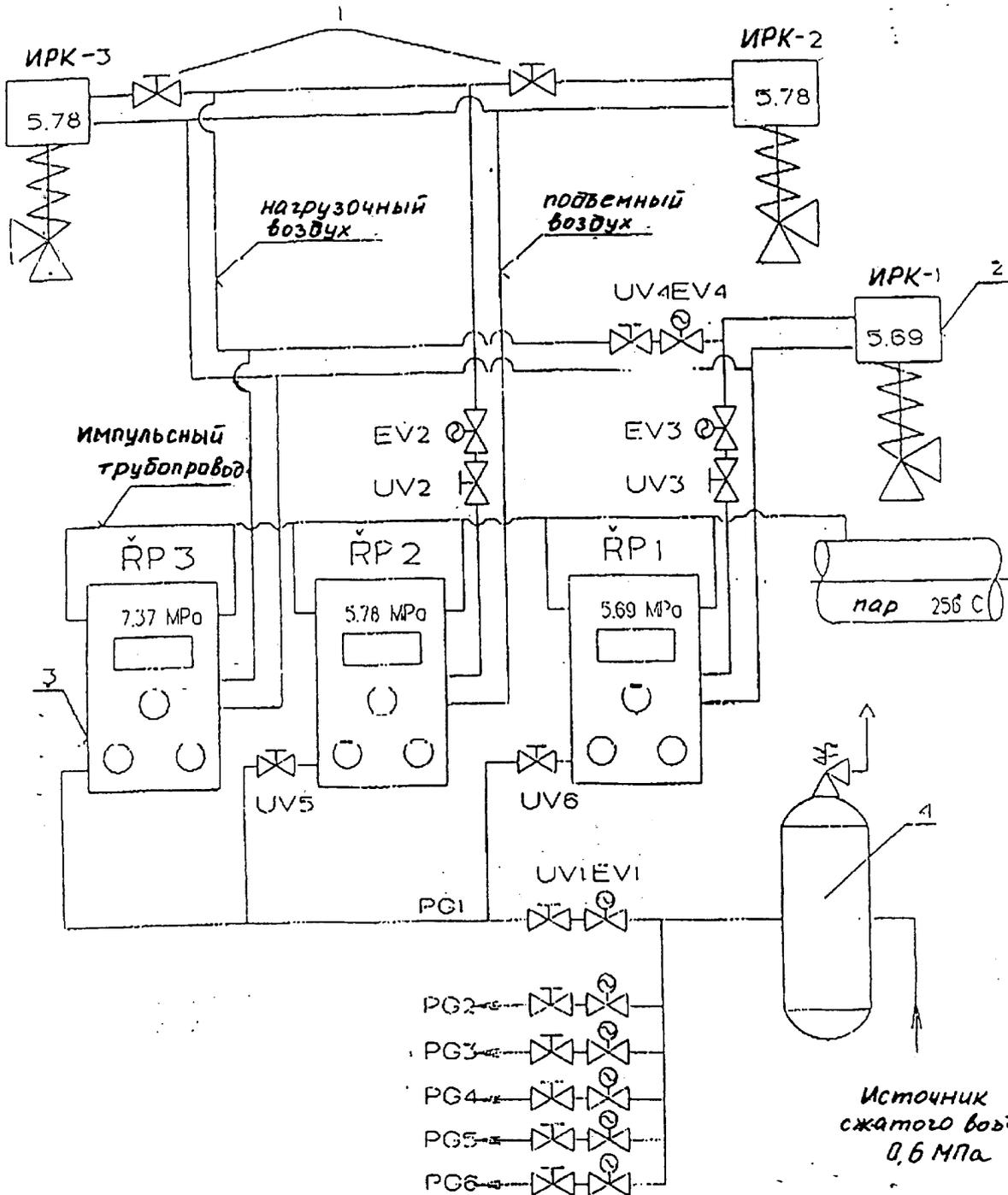


6.0/21

95120605

FIG. 2

Средство повышения давления  
открытия предохранительных  
клапанов парогенератора



в 5/и. г.м. 2