

Конвективные системы печей

Классификация конвективных систем печей

Дымообороты печей представляют собой вертикальные или горизонтальные стенки, между которыми движутся топочные газы.

Стенки-перегородки называют **рассечками**; горизонтальные участки, соединяющие каналы между рассечками, в зависимости от того, как изменяет направление поток газов, носят название **перевалов** и **подвёрток**.

Если газы поднимаются снизу вверх, затем поворачивают в сторону и опускаются вниз, то такой элемент системы называют **перевалом**. Поворот газов на 180° сверху и вниз осуществляется в элементе, называемом **подвёрткой**.

Конвективные системы печей, в зависимости от схемы их газового тракта, бывают последовательными, параллельными, бесканальными, комбинированными, с воздухонагревательной камерой.

Системы с последовательно соединёнными каналами подразделяются на однооборотные, двухоборотные и многооборотные, с восходящим движением топочных газов по горизонтальным каналам и коротким вертикальным участкам.

Системы с параллельными каналами делятся на однооборотные и двухоборотные.

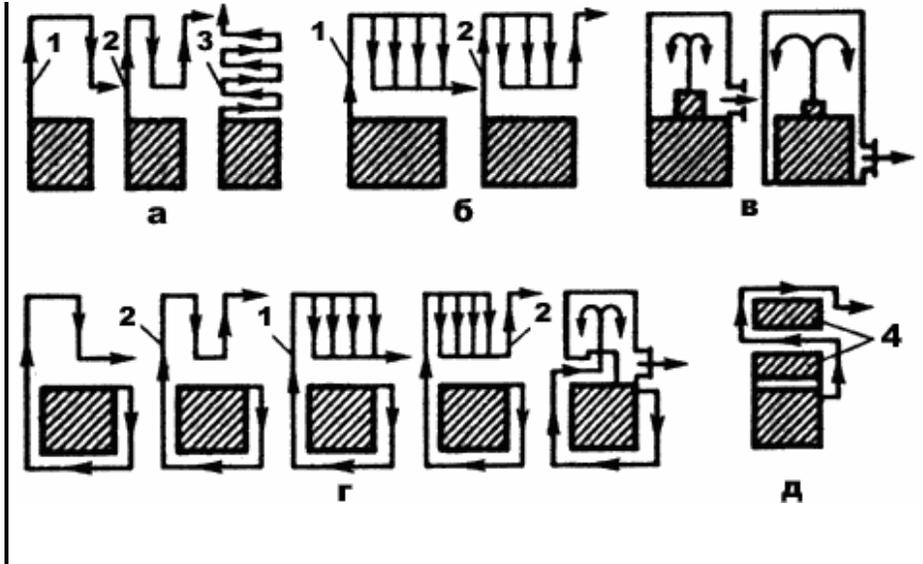
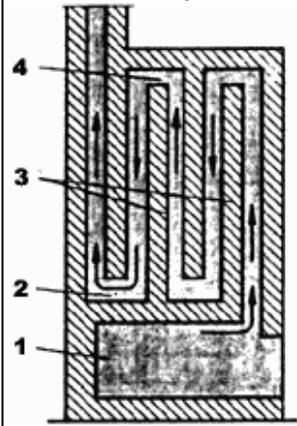
В бесканальных системах, называемых также **колпаковыми**, каналы отсутствуют, их заменяют камеры (колпаки), в которых газы, вышедшие из топливника, движутся вначале вверх, в виде струи, и затем, растекаяются вдоль стен, опускаясь к устью дымовой трубы.

В комбинированных системах часть каналов занимает вертикальное положение, а часть — горизонтальное.

В некоторых случаях, применяют печи с дымооборотами, омывающими воздухонагревательные камеры.

Рис. 1.	1.	Рис. 2. Конвективные системы печей:
Элементы конвективных систем вертикальными дымооборотами:	с	а — последовательные;
1	—	б — параллельные;
топливник;		в — бесканальные (колпаковые);
2	—	г — комбинированные;
подвертка;		д — с воздушной камерой;
		1 — однооборотные; 2 — двухоборотные; 3 — многооборотные; 4 — воздушная камера.

3
рассечки;
4 — перевал.



Конвективные системы печей: процессы

Теплота в отопительных печах частично аккумулируется поверхностями топливника, воспринимающими её, в основном, в виде лучистой (радиационной) энергии. Другая часть тепловой энергии переходит в дымовые газы, направляющиеся, под действием тяги, в атмосферу. Использование теплоты дымовых газов — задача конвективных поверхностей печей.

Конвективными поверхностями называют поверхности, расположенные в газоходе и обогреваемые движущимся потоком горячих дымовых газов, которые отдают свою теплоту надтопочной части печи, в результате контакта со стенками каналов.

Газоход большинства печей представляет собой разветвлённую систему кирпичных каналов, которые формируют единый газовый тракт, начинающийся в дымоотводящем проёме топливника (*хайле*) и завершающийся в месте присоединения массива печи к дымовой трубе.

Совокупность дымооборотов, состоящая из соединённых между собой вертикальных и горизонтальных каналов, которые предназначены для аккумуляции теплоты отходящих газов, называют **конвективной системой**. Та часть печи, где расположена эта система, называется **конвективной зоной**.

При конструировании конвективной зоны, стремятся к тому, чтобы тепловая энергия дымовых газов использовалась оптимально, т.е., дымообороты должны аккумулировать теплоту отходящих газов таким образом, чтобы, поступая в атмосферу, их температура несколько превышала уровень, за пределами которого наступает конденсация газов и происходит интенсивное выпадение сажи в каналах.

Для максимального использования теплоты отходящих газов следует развивать площадь тепловоспринимающих поверхностей конвективной зоны печи, путём увеличения числа каналов и протяжённости пути дымовых газов.

Передачу теплоты продуктов сгорания поверхностям конвективной системы называют **процессом теплообмена**.

Количественно теплообмен между поверхностью твёрдого тела и газообразной средой определяется уравнением Ньютона-Рихмана:

$Q = \beta F (t_r - t_{ст})$, где

Q — тепловой поток, Вт;

F — площадь поверхности тепловосприимчивости, м²;

$t_r, t_{ст}$ — температура соответственно газа и стенок, °С;

β — коэффициент тепловосприятости, зависящий от условий теплообмена в печи: скорости газового потока, материала стенок каналов, шероховатости поверхностей, воспринимающих тепловой поток и т.п.

Процесс теплообмена во многом зависит от режима движения газов. Различают *ламинарное* и *турбулентное* движения потоков дымовых газов.

При ламинарном движении, поток газов перемещается слоями, не перемешиваясь.

Весь поток газов, как бы, состоит из множества тонких струек, каждая из которых движется параллельно стенкам канала.

При таком режиме, передача от каждой струйки к стенке конвективной поверхности осуществляется, преимущественно, за счёт теплопроводности.

Однако воздух — плохой проводник теплоты. Следовательно, интенсивность теплообмена, при ламинарном движении газов, *низкая*.

Отсюда вытекает *первое правило* конструирования конвективных систем печей: скорость движения потока должна обеспечивать турбулентность течения дымовых газов, что способствует интенсивному восприятию теплоты стенками каналов газохода.

При турбулентном движении, топочные газы интенсивно перемешиваются, образуя завихрения, благодаря чему, процесс теплообмена протекает значительно эффективней, по сравнению с теплообменом при ламинарном движении.

Главными факторами возникновения турбулентного движения являются:

- скорость газовой среды;**
- количество твёрдых частиц в газовой среде;**
- сечение канала и шероховатость его поверхностей.**

Скорость газовой среды, при её постоянном объёме, зависит от размеров сечений канала: чем меньше сечение, тем поток движется быстрее. Однако, при этом, возрастает сопротивление газохода движению газов.

На сопротивление также влияют протяжённость конвективной системы и наличие участков на пути продуктов горения, преодолевая которые, газы меняют своё направление или переходят из канала большего сечения в канал с меньшим сечением и наоборот.

Сопротивление движению газового потока, которое оказывают прямолинейные участки газохода, называют **линейным**, а препятствия, возмущающие поток, считают **местными** сопротивлениями.

Линейные сопротивления зависят от качества кладки каналов, поэтому, толщина швов между рядами кладки не должна превышать 5 мм, а тепловоспринимающие поверхности следует тщательно выравнять.

Местные сопротивления, в виде расширений, поворотов, сужений снизу или сверху должны иметь плавные очертания, т.к. внезапные изменения скорости потока приводят к выпадению сажи из дымовых газов и к увеличению сопротивления газового тракта.

Скорость дымовых газов определяют из уравнения

$V=L/F$, где

V — скорость потока воздуха, м/с;

L — объем дымовых газов, приведенный к температуре канала, м³;

F — живое сечение канала, м².

Выявив характер газодинамического процесса конвективной системы, определяют соответствие размеров площадей поверхностей тепловосприятия и теплоотдачи режиму эксплуатации печи.

Если площадь поверхности тепловосприятия будет недостаточной, то теплопроизводительность печи не достигнет заданной величины, а стенки газохода будут интенсивно разрушаться от чрезмерного нагрева.

Если площадь поверхности тепловосприятия (дымооборотов) чрезмерно развита, то температура уходящих газов может понизиться настолько, что из продуктов горения начнёт выпадать конденсат, в результате, резко ухудшится тяга, в помещение будет поступать дым и от влаги снизится прочность кирпичной кладки.

Отсюда вытекает **второе правило** конструирования конвективных систем: площадь поверхности теплоотдачи печи должна быть равна площади поверхности тепловосприятия.

Третье правило конструирования конвективных систем состоит в следующем: протяжённость газохода следует выбирать, в зависимости от сопротивления потоку газов и температуры конденсации паров, содержащихся в продуктах горения.

Последовательные конвективные системы печей

В конвективных последовательных системах печей дымовые газы проходят протяжённый путь к трубе, преодолевая большое количество местных сопротивлений в верхних (*перевалах*) и нижних (*подвёртках*) точках, а также, значительные линейные сопротивления.

Большинство печников старой школы стремились класть такие печи, у которых последовательная конвективная система имела много оборотов: от 7 до 13. При этом, нередко применялась двухплоскостная система с несколькими подъёмными и опускными каналами.

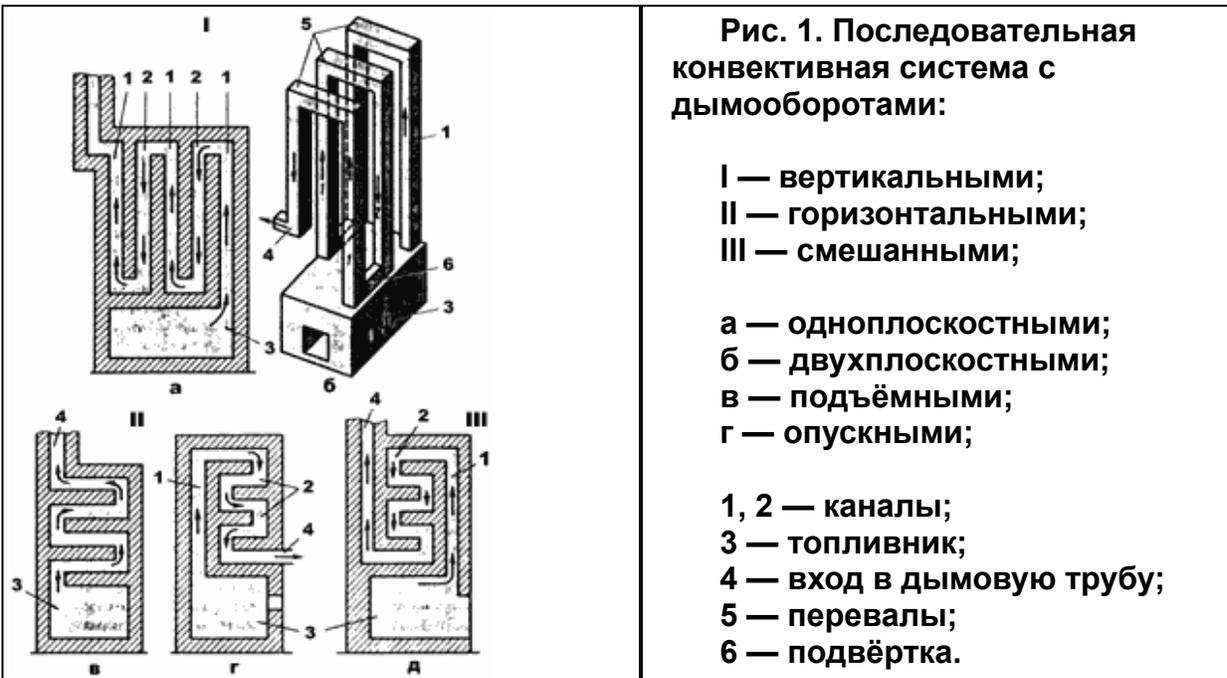


Рис. 1. Последовательная конвективная система с дымооборотами:

I — вертикальными;
 II — горизонтальными;
 III — смешанными;

а — одноплоскостными;
 б — двухплоскостными;
 в — подъёмными;
 г — опускными;

1, 2 — каналы;
 3 — топливник;
 4 — вход в дымовую трубу;
 5 — перевалы;
 6 — подвёртка.

Основные недостатки многооборотных печей:

неравномерный прогрев конвективной зоны, что вызывает многочисленные трещины в кладке печи из-за неравномерного температурного расширения каналов;

значительное сопротивление газового тракта, что обуславливает необходимость возведения высоких дымовых труб;

большое количество мест, где скапливается сажа.

К последовательным относятся системы с подъёмными и опускными горизонтальными и смешанными (вертикальными и горизонтальными) дымооборотами.

По эксплуатационным и технологическим качествам такие системы — несовершенны.

Это объясняется тем, что горячий поток топочных газов, перемещаясь по горизонтальным каналам, наслаивается на их верхние стенки, что ведёт к снижению теплопередачи от газового потока к нижним стенкам каналов.

КПД конвективных систем с горизонтальными каналами всегда ниже КПД систем с вертикальными каналами.

Кроме того, горизонтальные каналы, у нижней поверхности которых скорость газов мала, подвержены интенсивным заносам сажей и золой. В свою очередь, это ведёт к ухудшению работы печи.

При кладке печей с горизонтальными каналами, последние часто приходится оформлять в виде сводов, что технологически сложно.

Печи с горизонтальными последовательными конвективными системами были распространены лишь в 19 в. в помещениях небольшой высоты, в которых вертикальные системы разместить не удавалось.

Параллельные конвективные системы печей

Конструктивная особенность параллельных конвективных систем печей состоит в том, что продукты горения подводятся к конвективной зоне по одиночному подъёмному каналу и распределяются общим верхним каналом по нескольким параллельно функционирующим опускным каналам газохода печи.

В каналах топочные газы движутся сверху вниз, достигая коллектора, из которого отводятся в топочную трубу через последний подъёмный канал.

В многоплоскостных параллельных системах подъёмный канал, из которого продукты горения подводятся к конвективной зоне, как правило, занимает центральное положение.

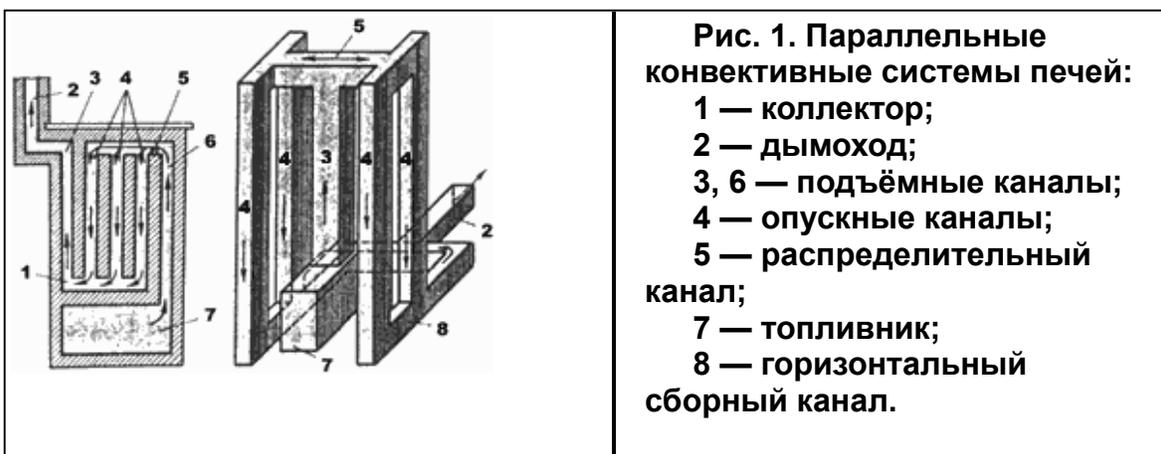
Каналы с нисходящим потоком газов объединяются сборным горизонтальным каналом, из которого газы по каналу попадают в дымовую трубу.

Преимущества параллельных конвективных систем, по сравнению с последовательными, следующие:

при равновеликих площадях поверхностей тепловосприятия, сопротивление газового тракта значительно меньше;

- **в одном и том же объёме конвективной зоны размещается большая теплоаккумулирующая масса;**
- **значительно меньшее количество сопротивлений на пути газового тракта;**
- **обеспечение равномерного прогрева всей конвективной части печи;**
- **простота очистки каналов от сажи.**

Преимущества систем с одним подъёмным и несколькими опускными параллельными каналами — самопроизвольное регулирование тяги в конвективной части печи.



Выравнивание объемов циркулирующей среды выполняется, лишь при двух условиях, когда продукты сгорания поступают в параллельно расположенные опускные каналы из одиночного подъемного участка газохода, а не наоборот: когда нижний коллектор обладает достаточной высотой.

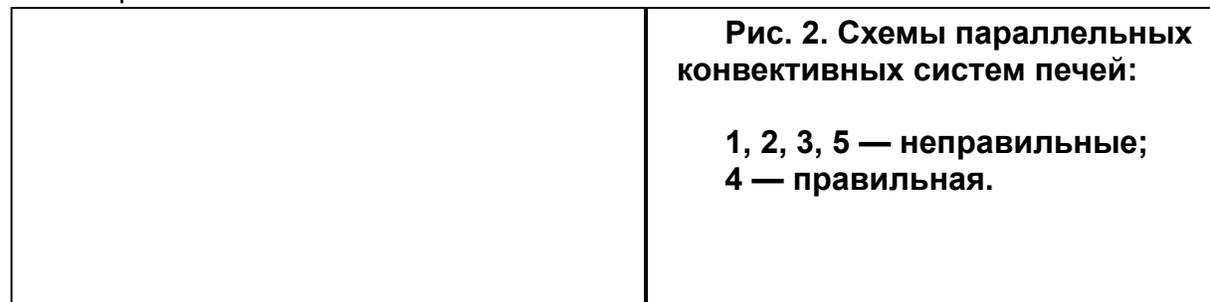
Коллектор должен быть сконструирован так, чтобы перегородки параллельных опускных каналов (рассечки) не сужали его живое сечение.

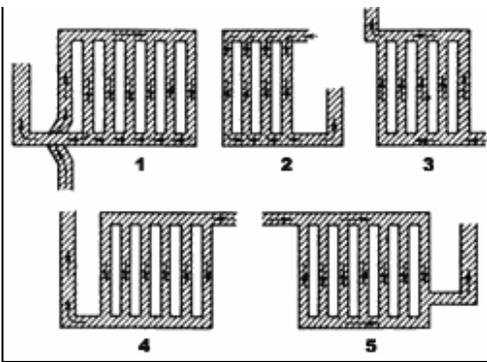
Несоблюдение этого условия — частая ошибка, допускаемая при кладке печей и ведущая к неравномерному прогреву массива печи.

Параллельная конвективная система, характеризующаяся перечисленными преимуществами, нашла техническое воплощение в ряде конструкций отопительных печей.

Несмотря на значительные преимущества, параллельные конвективные системы печей имеют и недостаток: трудноустраняемый перегрев верхней зоны, куда направляются наиболее горячие газы из топливника.

Поэтому, нижняя часть печи прогревается недостаточно интенсивно, что отрицательно сказывается на тепловом режиме помещения.





На рис. 2 приведены примеры конструирования параллельных конвективных систем печей:

- **схема 1** сконструирована плохо, т.к. каждый из дымооборотов испытывает различное сопротивление газовому потоку. Такая система будет прогреваться лишь в левой части;
- в **схеме 2** длина колец резко отличается одна от другой: первое кольцо наиболее короткое, последнее — в 2 раза длиннее первого. При такой схеме, массив печи будет прогреваться неравномерно;
- **схема 3** принципиально неверна, т.к. параллельные каналы сконструированы восходящими. Поэтому принцип саморегуляции выполняться не будет;
- **схема 4** технически грамотна. Все циркуляционные контуры аэродинамически сбалансированы, т.е. печь будет работать устойчиво и равномерно прогреваться;
- **схема 5** неудачна в части выбора места подключения устья дымовой трубы, т.к. это нарушает работу сборного коллектора, который не имеет достаточной высоты и не обеспечивает одинаковой протяжённости тракта на выходе газов из системы.

Таким образом, только одна из пяти схем (схема 4) сконструирована правильно.

Бесканальные конвективные системы печей

Принцип работы бесканальных конвективных систем печей следующий.

Горячие газы из топливника поступают в надтопочную часть вертикальной струёй значительной скорости. Соприкасаясь с холодными поверхностями печи, газы остывают и опускаются вниз.

Навстречу охлаждённым струям поднимаются горячие газы, поток которых расширяется по мере подъёма к перекрытию колпака.

Вовлекая постепенно в сферу своего движения пристенные струи, восходящие газы частично охлаждаются, опускаются между контрфорсами печи, представляющими собой вертикальные стенки, которые аккумулируют теплоту горячих газов.

Температура отработавших в колпаке дымовых газов, которые направляются в трубу, небольшая (около 120°C), что обуславливает высокие теплотехнические качества колпаковых конструкций.

КПД бесканальных конвективных систем печей 93,7%.

Однако, несмотря на простоту конструкции и высокую теплоотдачу, такие печи в современном строительстве применяют редко.

Вызвано это тем, что колпаковые печи в верхней части перегреваются, а в нижней остаются относительно холодными; это создаёт большой перепад температур по высоте отапливаемого помещения.

Чрезмерно нагретый комнатный воздух застаивается под потолком, увеличивая теплотери здания, что, в итоге, приводит к неоправданному перерасходу топлива.

Основное преимущество бесканальных конвективных систем печей — незначительное внутреннее сопротивление потоку газовой среды.

Поэтому, колпак печей может быть сконструирован в виде одной большой камеры, нескольких объединённых между собой камер или одной камеры с перегородками, увеличивающими теплоаккумулирующую способность конвективных поверхностей.

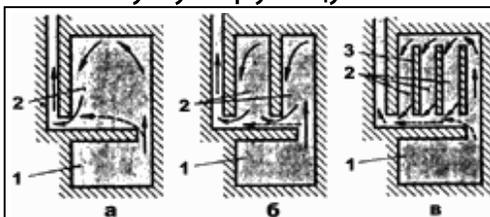


Рис. 1. Схема бесканальных (колпаковых) конвективных систем печей:

а — со свободной камерой;

б — многокамерная;

в — с рассечками;

1 — топливник; 2 —

колпаковые камеры; 3 —

рассечка.

Однако, во всех случаях, вход газов в колпак и выход их в дымовую трубу осуществляются с низу конвективной части печи.

Это делает возможным выпустить в дымовую трубу более холодные газы, не опасаясь уменьшения тяги.

Комбинированные конвективные системы печей

Комбинированные конвективные системы печей устроены так, что горячие газы, выйдя из топливника, сначала опускаются вниз, обогревая стенки печи, расположенные на уровне топливника, затем поднимаются вверх и поступают в параллельно расположенные каналы, размещённые в верхней части печи.

Такие конвективные системы печей называют также системами преимущественно нижнего обогрева.

В комбинированных конвективных системах нижнего обогрева с одним подъёмным и несколькими опускными каналами различной высоты, содержится верхний распределительный канал, представляющий собой коллектор переменной сечения.

Дымовые газы поступают из подъёмного канала в коллектор, сечение которого в начале — наибольшее, а в конце — наименьшее.

Благодаря этому, газоздушная смесь равномерно распределяется по всем опускным каналам, что способствует равномерному прогреву печи.

Если сечение коллектора — постоянное, то большее количество горячих газов, обладающих значительной кинетической энергией, поступает в последний по ходу канал, что вызовет неравномерный прогрев массива печи.

Многоколлекторные комбинированные конвективные системы, применяемые в печах-лежанках, состоят из параллельных каналов, сгруппированных по 2...3. Каждая группа объединяется своим распределительным и сборным коллектором.

В некоторых комбинированных системах используют также последовательную схему, при которой, дымовые газы сначала омывают нижнюю область печи, а затем, поступают в последовательно объединённые каналы.

Источник: [Город Творцов](#)
«Город Творцов» — путеводитель по хорошим книгам.