

ш. 129844

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Ю. И. НЕКРАСОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВОЙ ГАЗО-
ВОЗДУШНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ
ГАЗОПЛАМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

(05.167. Машины и технология сварочного производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском и конструкторском институте автогенного машиностроения «ВНИИавтогенмаш».

Научный руководитель — д. т. н., проф. А. Н. Шашков.

Официальные оппоненты:

д-р техн. наук, профессор Владимирский Т. А.

канд. техн. наук, доцент Евсеев Г. Б.

Ведущее предприятие — Московский завод кислородного машиностроения.

Автореферат

1971 г.

Защита диссертации

1971 г.

на заседании

на.

Ваши отзывы
направлять по адресу:

росим
д. 5.

С диссертацией
им. Баумана

МВТУ

Ученый секретарь

В промышленности и в других отраслях народного хозяйства широко применяется газопламенная обработка металлов и неметаллических материалов (ГОМ), осуществляемая с помощью газокислородного пламени.

Многие процессы ГОМ (пайка, сварка пластмасс, наплавка, нагрев перед сваркой и резкой, местная термообработка и др.) экономически выгодно производить газовой воздушным пламенем. Это подтверждается практикой предприятий, где операции пайки, нагрева перед сваркой и наплавкой выполняются с его использованием.

Каждый из упомянутых процессов имеет свои технологические особенности, нуждается в огневой газовой воздушной аппаратуре, удобной для работы, имеющей приспособляемую к изделию форму и мощность пламени.

До последнего времени задача широкого применения газовой воздушного пламени в процессах газопламенной обработки металлов не была решена из-за ограниченности исследований в этой области и отсутствия серийного выпуска огневой газовой воздушной аппаратуры, что вынуждало потребителей применять для низкотемпературных операций ацетилено-кислородные сварочные горелки. Поэтому, исследование условий образования горючих смесей и стабилизации газовой воздушного пламени с целью интенсификации процесса местного нагрева является весьма актуальным.

В представленной работе исследованы конструктивные параметры камерно-вихревых горелок, термодинамические и тепловые характеристики пламени, разработана методика расчета горелок и на ряде технологических процессов показана эффективность и экономичность горелок нового типа. Положительные результаты работы позволили широко внедрить разработанную аппаратуру в промышленность.

Состояние вопроса и задачи исследования

Газовоздушные горелки, применяемые в процессах ГОМ, работают с инжекцией воздуха из атмосферы или с принудительной его подачей при горении газовой смеси в атмосфере. Анализ систем стабилизации горения газов в горелках, при-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1129844

Некрасов Ю.И. Исследования

меняемых в различных областях техники показывает, что высокие скорость и температура пламени, имеют место при вихревом смесеобразовании газов и их горении в туннелях или камерах сгорания. В этом направлении проведены фундаментальные исследования в теплоэнергетике /Г.Ф.Кнорре, Ю.В.Иванов, Г.Н.Абрамович, А.Н.Ляховский, В.А.Спейшер и др./, в авиации для газотурбинных и жидкостных реактивных двигателей /Н.В.Иноземцев, А.И.Михайлов, Ю.М.Пчелкин и др./, в горнодобывающей промышленности при создании термобуров /Н.С.Поляков, И.П.Голдаев, А.В.Бричкин, В.Н.Черепанов и др./.

В виде технической гипотезы было принято, что вихревой процесс сжигания можно использовать при газопламенной обработке. Для подтверждения ее требовалось осуществление процесса в малом объеме камеры сгорания, с истечением пламени из сопла в виде высокотемпературной и сосредоточенной струи газов.

Создание газовоздушных горелок камерно-вихревого типа должно значительно повысить коэффициент теплоотдачи от пламени к изделию и соответственно производительность и экономичность процесса местного нагрева, по сравнению с газовоздушными горелками обычного типа.

Исследование такого источника тепла для процессов ГОМ ранее не проводилось. В технической литературе нет достаточных данных по конструктивным решениям огневой аппаратуры с камерами малых размеров, позволяющих реализовать преимущества вихревой системы. Отсутствуют данные по форме и объему камеры сгорания, распределению температуры и скорости в факеле пламени, не исследованы тепловые характеристики пламени, нет методики расчета горелок. Учитывая изложенное, в работе были поставлены следующие основные задачи:

1. Изучение влияния основных конструктивных параметров камерно-вихревых горелок на температуру, скорость и устойчивость горения газов в камере сгорания малого объема при различных расходах горючего газа и воздуха в дозвуковом режиме работы, применительно к наиболее распространенным процессам ГОМ /сварка, пайка, нагрев/.



2. Исследование распределения температуры и скорости в факеле пламени и определение температуры и давления газов в камере сгорания.

3. Экспериментальное и расчетное определение тепловых характеристик пропано-воздушного пламени для оценки его параметров на основе теории распределенных источников.

4. Разработка методики расчета камерно-вихревой горелки.

5. Создание промышленных образцов камерно-вихревых горелок, определение эффективности их применения в процессах ГОМ и внедрение в производство.

Исследование конструктивных параметров камерно-вихревой горелки

Исследования проводили на макете горелки, позволяющей изменять геометрические размеры отдельных элементов (рис. I). Горелка состоит из корпуса, завихрителя и камеры сгорания. Газы в камеру сгорания подавались по отдельным каналам. По центральному каналу завихрителя - горючий газ, по боковым каналам - воздух. Такая конструкция обеспечила хорошее смешение горючего газа (пропана) с воздухом и стабильную работу горелки без перегрева стенок камеры.

Опыты проводили на испытательном стенде с приборами для измерения и записи температуры и давления в потоке продуктов горения. С помощью синхронного координатного приспособления записывались динамический напор и температура при перемещении горелки относительно датчиков. Рабочие давления и расходы газов устанавливали по манометрам и ротаметрам газового стенда.

Были исследованы количество и суммарная площадь воздушных каналов, диаметр канала горючего газа в завихрителе, объем и форма камеры сгорания, угол конфузора и диаметр сопла камеры сгорания. Влияние этих параметров оценивали по распределению температуры и скоростного напора в поперечном сечении пламени (на определенном расстоянии от среза сопла), а также по пределам устойчивого горения газов в камере при различных их расходах.

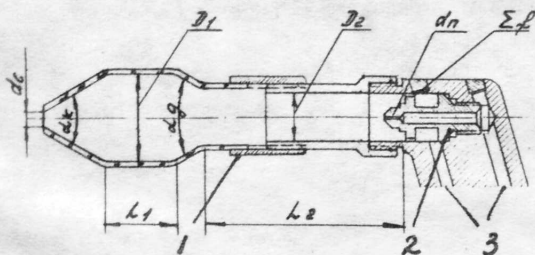
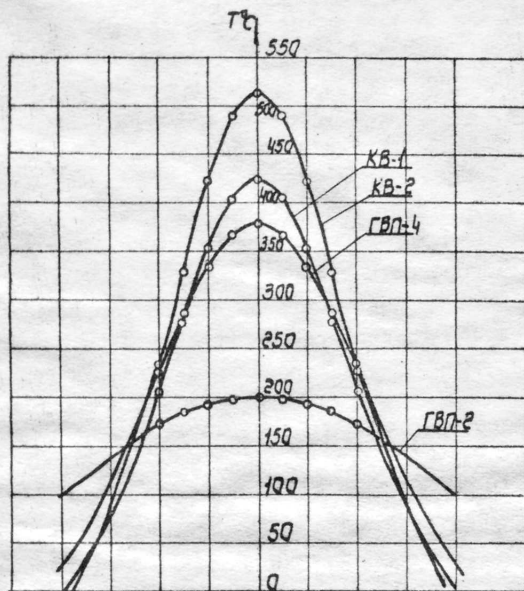


Рис. 1. Принципиальная схема камерно-вихревой горелки
1 - камера сгорания, 2 - завихритель,
3 - газоподводящие каналы



Усм. 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Усм.
Расстояние от оси пламени горелки.

Рис. 2. Распределение температуры в тонком листе металла
поперек оси перемещения горелок.

Условия опытов: расход пропана $V_p = 460$ л/час; скорость перемещения горелок $v = 600$ мм/мин, КВ-1 — при скорости потока пламени на срезе сопла $w = 150$ м/сек; КВ-2 — при $w = 360$ м/сек. КВ — камерно-вихревая горелка; ГВП-4 — горелка с принудительной подачей воздуха; ГВП-2 — горелка с инъекцией воздуха из атмосферы

Исследования проводили на камерах сгорания различной формы и объема, изготовленных из кварцевого стекла, что давало возможность наблюдать за процессом вихревого горения газов в камере и, в зависимости от полученных результатов (температуры, полноты сгорания и др.) корректировать ее формы и размеры.

Определена форма и геометрические размеры камеры сгорания с двумя ступенями интенсивности движения вихревого потока пламени, что по сравнению с цилиндрической камерой равного объема, позволяет в два и более раза расширить область устойчивого горения газов в камере и получить за средним соплом сосредоточенный высокоскоростной поток пламени с температурой до 1800°C .

Количество воздушных каналов в завихрителе, обеспечивающее равномерное распределение вихревого потока горючей смеси в камере и соответственно большую температуру пламени, должно составлять не менее четырех.

Свободный просок пламени в камеру сгорания при внешнем зажигании горючей смеси происходит при минимальном расходе горючего газа и стехиометрическом составе горючей смеси. Оптимальное значение угла конфузора находится в пределах $40+30^{\circ}$. При угле конфузора меньше 30° возникают большие потери тепла на нагрев стенок сопла и камеры сгорания (до 10–18% от количества тепла, выделенного пламенем), из-за увеличения поверхности теплоотдачи.

Исследованиями нагрева металла пламенем камерно-вихревых горелок, с камерами сгорания различных объемов, изготовленных по установленным геометрическим размерам, определены пределы допустимой объемной $U_v = /12+17/ \cdot 10^7$ ккал/м³час/ и удельной $U_M = /10+15/ \cdot 10^6$ м² ккал/час теплонапряженности, обеспечивающих наибольшую производительность нагрева металла до заданной температуры.

Исследование температуры и динамических напоров пламени камерно-вихревой горелки

Исследования проводили на камерах сгорания, изготовленных по установленным оптимальным геометрическим размерам на мощностях, соответствующих допустимой объемной и удельной

теплонапряженности. Температуру пламени измеряли на оптической установке методом обращения спектральных линий натрия и открытым горячим спаем термопары, а динамические напоры в пламени — посредством специально изготовленных охлаждаемых датчиков. Для сопоставления производили также расчетное определение температуры пламени. Температуру и давление газов в камере сгорания определяли термопарами и датчиками давления, вводимыми в полость камеры через специальные отверстия, расположенные вдоль камеры сгорания.

При стехиометрическом составе горючей смеси, максимальная температура пламени /1780–1760°C/ располагается на оси потока на расстоянии 2–3 -х диаметров сопла, с последующим резким понижением при удалении от среза сопла.

При увеличении коэффициента избытка воздуха в горючей смеси, температура пламени снижается и достаточно хорошо совпадает с расчетной температурой. Температура " открытого пламени " обычных газоздушных горелок, при коэффициенте избытка воздуха $\lambda = 1,4$ равна 1500°C. При увеличении коэффициента избытка воздуха $\lambda > 1,4$ пламя отрывается от сопла и гаснет. Таким образом, открытое пламя имеет в несколько раз меньший предел регулирования температуры.

Динамический напор в потоке продуктов горения на срезе сопла камерно-вихревой горелки, близок по величине к избыточному давлению в камере сгорания. В зоне максимальных температур / на оси потока / динамический напор несколько снижается и имеет меньшие значения, чем по краям. Это объясняется резким падением плотности газов вследствие мгновенного расширения потока при его истечении из сопла в атмосферу, а также воздействием тангенциальной скорости вихревого горения, стремящейся раскрутить поток газов. На расстоянии двух диаметров сопла этот провал в эшпоре динамического напора пламени выравнивается за счет затухания тангенциальной скорости. Поток переходит в струйное течение с повышением динамического напора по продольной оси пламени и снижением его по краям.

Скорость пламени, рассчитанная по температурам и динамическим напорам в зоне их максимальных значений, изменяется по оси потока от 170 до 140 м/сек, что выше в 2 раза, чем

у горелки с принудительной подачей воздуха и в 6 раз, чем у горелки с инъекцией воздуха из атмосферы, при равных расходах горючего газа. Кривые распределения температуры пламени, динамического напора, скорости, удельного теплового потока, температуры пятна нагрева и коэффициента теплопередачи близки к кривым закона нормального распределения. Максимальная температура пламени в камере сгорания выше 1800°C и располагается у оси камеры в полости конфузора. Давление газов в камере сгорания не превышает $0,1 \text{ кг/см}^2$.

Установленные выше характеристики пламени камерно-вихревой горелки в значительной степени предопределяют повышение производительности нагрева металла, по сравнению с обычными горелками.

Исследование тепловых характеристик пропано-воздушного пламени

Тепловые характеристики пламени горелок камерно-вихревого и обычного типов определяли калориметрированием и термографированием по методикам школы академика Рыкалина Н.Н.

Эффективную мощность пламени устанавливали на основе калориметрирования образцов, нагретых при различных расходах пропана, скорости перемещения горелок и др. технологических параметров.

Коэффициент сосредоточенности пламени определяли по данным термографирования образцов из тонколистовой стали с нагревом последних пламенами движущихся горелок.

Установлено, что распределение удельного теплового потока воздушных пламен близко к нормальному закону и описывается уравнением

$$q_r(z) = q_{r.m} e^{-Kz^2}$$

где $q_r(z)$ — удельный тепловой поток пламени в любой точке пятна нагрева, $\text{кал/см}^2\text{сек}$;

$q_{r.m}$ — наибольший удельный тепловой поток на оси пламени, $\text{кал/см}^2\text{сек}$;

z — радиальное расстояние от оси пламени, см ;

K — коэффициент сосредоточенности, характеризующий форму кривой нормального распределения, $1/\text{см}^2$.

Сравнение значений расчетных параметров процесса: t_0 и q для испытанных горелок показывает, что камерно-вихревая горелка имеет на 30% более широкий диапазон изменения эффективной мощности и в 1,5 - 5 раз больший коэффициент сосредоточенности, чем горелки обычного типа / табл. I /.

Таблица I.

Тип горелки	K I/cm ²	t_0 сек	q кал/сек
Камерно-вихревая ГП-2	0,108-0,038	22-63	180-810
С принудительной подачей воздуха ГВП-4	0,058-0,028	46-85	220-745
С инъекцией воздуха из атмосферы ГВП-2	0,022-0,0082	110-296	220-745

Примечание: Расход пропана 90-460 л/час; скорость перемещения горелок 300-600 мм/мин.

При равных условиях, температура нагрева металла по оси пламени камерно-вихревой горелки - в 1,4 - 2,5 раза выше, чем у горелок с открытым пламенем / рис. 2 /.

При значениях параметров t_0 и q , принимаемых по табл. I, температура стальных листов в процессе пайки и в других случаях нагрева, может быть рассчитана по схеме нормально-кругового источника в тонкой пластине:

$$T(y, t) = \frac{q}{\nu \delta \sqrt{4\pi \lambda c \gamma (t + t_0)}} e^{-\frac{y^2}{4a(t+t_0)}} - \beta t$$

- где λ - коэффициент теплопроводности металла пластины, кал/см.сек. - °C;
 $c\gamma$ - объемная теплоемкость металла пластины, кал/см³ - °C;
 a - коэффициент температуропроводности металла пластины, см²/сек;
 β - коэффициент теплоотдачи, I/сек;
 ν - скорость перемещения горелки, см/сек;
 t - время, сек;
 t_0 - постоянная времени, сек.

Сравнение опытных данных и результатов расчета температуры по данной схеме, дает удовлетворительную сходимость, с погрешностью, не превышающей 10%.

Значения максимального удельного теплового потока и коэффициента теплообмена при нагреве камерно-вихревой горелкой в 2-5 раз выше, чем при нагреве обычными горелками /табл.2/.

Таблица 2.

Тип горелки	Скорость пламени, м/сек	Температура поверхности пластины на оси потока, °C	Максимальный удельный тепловой поток, $\frac{Q}{F_{\text{пл}}} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}$	Коэффициент теплообмена пламени, $\alpha_{\text{пл}} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}$
С инъекцией воздуха - ГВП-2	23	200	2,11	0,0015
С принудительной подачей воздуха ГВП-4	74	375	7,56	0,0064
Камерно-вихревая	130	425	10,13	0,0074
ГПГ	360	510	15,47	0,0125

Примечание: Расход пропана 460 л/час; скорость перемещения источников 600 мм/мин; толщина пластины 2 мм.

Методика расчета газоздушных камерно-вихревых горелок

Газоздушные камерно-вихревые горелки /рис. I/ рассчитывают по наибольшей потребной мощности пламени. Расход воздуха определяют по стехиометрическому составу горючей смеси. Для заданного расхода горючего газа элементы камерно-вихревой горелки и основные проходные сечения рассчитывают по известным формулам адиабатического истечения с критической и докритической скоростями, с учетом температуры и объемного расширения газов.

В качестве исходных параметров расчета принимаются давление горючего газа и воздуха перед завихрителем P_1 , температура и давление газов в камере сгорания T , P_2 , угол диффузора $\alpha_g / 90+120^\circ$ и конфузора $\alpha_k = /30+40^\circ$, количество заходов воздушных каналов в завихрителе $\Pi = 4+6$, угол

подъема спиральных воздушных каналов /12+20%/, интенсивность крутки воздушного потока $\beta = 1,6+2$, удельная теплонапряженность камеры $U_M = /10+15/ \cdot 10^6$ ккал/м²час.

Основные геометрические размеры камеры сгорания рассчитываются по экспериментально установленным соотношениям.

Диаметр расширенной части камеры сгорания

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi U_M}},$$

где Q - количество тепла, выделяемого горючим газом при сгорании, ккал/час;

U_M - удельная теплонапряженность камеры, ккал/м²час;

$$Q = Q_p^H V_n$$

Q_p^H - низшая теплотворная способность пропана, равная 21800 ккал/м³;

V_n - расход пропана, м³/час.

Длина первой камеры сгорания $L_1 = /0,4-0,8/D_1$. Диаметр и длина второй камеры сгорания $D_2 = /0,4-0,6/D_1$;

$$L_2 = /2-3/D_2.$$

Параметры горелок, рассчитанных по данной методике, отличаются от определенных экспериментально не более, чем на 8-12%.

Скорость истечения пламени на срезе со- пла камеры сгорания, м/сек	Расчетная	I20	I56	200	230
	Эксперимен- тальная	II0	I42	I82	205

Применение камерно-вихревых горелок

На основе результатов исследования созданы однопламенные ГТП-1 и ГТП-2 и щелевые ГТЗ-3 камерно-вихревые горелки и 5 типов однопламенных пропано-воздушных горелок с открытым пламенем: ГВП-1, ГВП-2 и ГВП-5 с инъекцией воздуха из атмосферы, и ГВП-3 и ГВП-4, с принудительной подачей воздуха.

Эффективность и экономичность применения камерно-вихревых горелок в процессах ГОМ определяли сваркой термопластических материалов, закалкой пильчатой ленты, термообработкой роторов асинхронных электродвигателей и др.

В результате проведенных исследований разработана технология сварки термопластических материалов газоздушными горелками типа ГТП-1 и ГТП-2. Новые горелки обеспечивают высокую

скорость сварки, 20-25 м/час, и удовлетворительное качество сварного соединения, с пределом прочности сварного шва 0,8-0,9 от прочности основного материала.

Экономический эффект от внедрения горелок ГПН-I /I200 шт./ составляет 44 тыс.руб. в год. Стоимость горелки окупается за 4 месяца.

Цельнометаллическая пыльчатая лента /ЦМПЛ-I/ применяется на текстильных предприятиях для обработки различных волокон /хлопка, шерсти и др./. Мощность пламени и длину целевой камерно-вихревой горелки типа ГТЗ-3 определяли для максимальной производительности процесса закалки.

Сопоставление результатов закалки пыльчатой ленты с данными зарубежных фирм и электромуфельным нагревом, принятом на Московском экспериментальном заводе МЛП СССР, показывает полное соответствие требованиям ГОСТа 10314-62. Полученная производительность термообработки пыльчатой ленты в 2-4 раза выше производительности, достигнутой зарубежными фирмами, применяющими для нагрева водородно-кислородные и пропано-кислородные горелки.

Горелки и техпроцесс закалки пыльчатой ленты совместно с ЦНИИМашдеталь внедрены в 1969-1970 г.г. на Московском экспериментальном заводе МЛП СССР. Завод поставляет термообработанную пыльчатую ленту на текстильные предприятия с установленной производительностью одного станка 98 тонн в год.

Разработанные горелки и технологические процессы внедрили на химическом заводе им.Войкова, Новомосковском заводе треста "Промвентилизация", в Ульяновском строительном управлении "Гидромост", Московском экспериментальном заводе МЛП СССР, Курьяновской станции "Аэрации", заводе "Победа", монтажном управлении № 35, в ряде предприятий треста "Спецстальконструкция", "Энергостроймеханизация" и др.

Результаты внедрения камерно-вихревых горелок показали, что горелки обеспечивают получение хорошего качества сварных соединений из термопластических материалов, позволяют экономично выполнять сварку свинца, пайку деталей мягкими и твердыми припоями, производить очистку оперенья автомобилей и тракторов от старой краски и огневую правку тонкостенных металлоконструкций и др. операций ГОМ.

1. Впервые в отечественной технике в основу исследования и разработки огневой аппаратуры для ГОМ положен принцип вихревого смешения газовой смеси и стабилизации пламени.

Камерно-вихревые горелки принципиально отличаются от горелок с открытым пламенем образованием и сжиганием горючей смеси в вихревом потоке внутри камеры сгорания с существенным повышением температуры, скорости и интенсивности теплообмена продуктов горения пламени в процессе нагрева обрабатываемых изделий.

2. Исследованиями определены оптимальная форма и соотношения геометрических размеров завихрителя и камеры сгорания, обеспечивающие легкое зажигание горючей смеси, десятикратный предел регулирования мощности горелки по расходу горючего и высокую эффективность нагрева.

3. Установлен характер распределения температур, скоростных напоров и скоростей в различных сечениях пламени и определена его зона с наибольшей эффективной мощностью.

4. Тепловые характеристики пламени газозоодушных камерно-вихревых горелок значительно отличаются от аналогичных характеристик пламен горелок обычного типа. Скорость пламени в 2-6, эффективная мощность в 1,05-1,1 и коэффициент сосредоточенности в 1,5-5 раз выше, чем у горелок обычного типа. Изменение интенсивности тепловых потоков в поперечном сечении пламен газозоодушных горелок отвечает закону нормального распределения, что позволяет производить расчеты нагрева в процессах пайки, наплавки и сварки по расчетным схемам теории распределенных источников академика Рыкалина Н.Н.

5. Разработанная методика расчета камерно-вихревых горелок позволяет по заданным расходам газов и их давлениям определять размеры проходных каналов в завихрителе, конструктивные размеры камеры сгорания, диаметр сопла и сечения газоподводящих каналов.

6. С созданием камерно-вихревых горелок стало возможным впервые в газопламенной технике выполнять сварку пластмасс продуктами сгорания пропана-воздушной смеси, закалку зубьев пильчатой ленты, термообработку роторов асинхронных электродвигателей, очистку тонкостенных металлоконструкций от краски с высотой производительностью и удовлетворительным качеством,

а также сварку свинца, пайку деталей мягкими и твердыми припоями и другие технологические процессы, не требующие нагрева свыше 1000°C .

7. Экспериментами и практическим использованием горелок в производственных условиях установлено, что новая газовая аппаратура отличается простотой выполнения, надежностью и долговечностью в работе и широким пределом регулирования мощности и температуры пламени /от 350° до 1800°C /.

8. Камерно-вихревые горелки в 1,4 - 2,5 раза повышают производительности нагрева по сравнению с горелками обычных типов при равных режимах работы.

9. Горелки ГП-1, ГВП-2, ГВП-3, ГВП-4, ГВП-5 освоены и серийно выпускаются и эксплуатируются в промышленности. Экономическая эффективность внедрения горелок составляет 180 тысяч рублей в год.

10. Выполненная работа открывает возможность конструирования высокопроизводительных газозадушных горелок нового типа для внедрения в различных процессах газопламенной обработки металлов и неметаллических материалов.

11. Созданы первые три типа камерно-вихревых горелок и пять типов газозадушных горелок с открытым пламенем. На камерно-вихревые горелки выдано 3 авторских свидетельства и медаль ВДНХ.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ю.И.Некрасов "Определение температуры камерно-вихревого горения пропана-воздушного пламени". Труды ВНИИавтогенмаша. Вып.ХУ1.М."Машиностроение", 1969.

2. Ю.И.Некрасов "Расчет камерно-вихревых горелок". Труды ВНИИавтогенмаша. Вып.ХУ1.М."Машиностроение", 1969.

3. Ю.И.Некрасов, П.С.Колтунов "Экспериментальное исследование скоростных напоров пламени газозадушных камерно-вихревых горелок". Труды ВНИИавтогенмаша. Вып.ХУ1.М."Машиностроение", 1969.

4. Ю.И.Некрасов "Исследование основных параметров камерно-вихревой горелки". Труды ВНИИавтогенмаша. Вып.ХУП.М."Машиностроение", 1970.