

ИИ202547
Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

КОНОПЛЕВ Виктор Афанасьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК РУЧНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ
СВЕРЛИЛЬНЫХ МАШИН

(05.164 — Технология машиностроения)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научные руководители:
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор Корсаков В. С.,
кандидат технических наук, доцент Горбунов Б. И.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Новиков М. П.,
кандидат технических наук, и. о. доцента Берлинер Э. М.

Ведущее предприятие — Московский автомобильный завод
им. И. А. Лихачева (ЗИЛ).

1973 г.

»

1973 г.

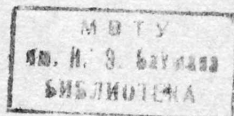
Автоматизация и механи-
Э. Баумана по адресу:

двух экземплярах, заве-
по указанному адресу.

гся в библиотеке МВТУ

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

Ю. А. Степанов



М202547

Директивами XXIV съезда КПСС намечено проведение мероприятий по замене тяжелого ручного труда машинным, особенно на вспомогательных работах и при сборке изделий. Применение ручного механизированного инструмента в качестве средства механизации ручного труда позволяет повысить производительность при выполнении технологических операций и улучшить условия труда оператора.

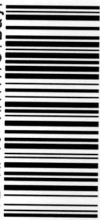
Для успешного решения этих задач большое значение имеет не только дальнейшее расширение производства и применение качественного механизированного инструмента, но и определение технологических возможностей этого инструмента, что позволит конструкторам и технологам рационально использовать ручной механизированный инструмент.

По данным Всесоюзного научно-исследовательского института механизированного и ручного строительно-монтажного инструмента, вибраторов и строительных машин (ВНИИСМИ) в нашей стране выпускается механизированный инструмент различного типа до 1,5 млн. штук в год, а годовая потребность промышленности в таком инструменте составляет около 10 млн. штук. Около 70% объема механизированного инструмента составляют ручные сверлильные машины, причем до 60% общего объема выпуска ручных сверлильных машин приходится на машины пневматические.

Особенностью применения такого механизированного инструмента является то, что в процессе выполнения технологической операции, оператор держит инструмент в руках, что вредно для здоровья из-за вибрации и шума.

Одной из важных причин, вызывающих повышенный уровень вибраций и шума ручной сверлильной машины является неуравновешенность ее роторов. Однако, ГОСТ 12633-66, содержащий технические требования на изготовление и номинальные параметры ручных сверлильных машин, не содержит даже общих требований к степени

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1202547

Конюшев В. А. Исследован

уравновешенности роторов машины.

В первой главе освещено состояние исследуемого вопроса, сформулированы цели и задачи исследования.

Теория расчета пневматического инструмента создана трудами советских ученых и исследователей Александровым Е.В., Бармашом В.И., Бернадским Г.И., Гольдштейном Б.Р., Гринцером С.А., Доброборским С.А., Кусницким Г.И. и др. Вместе с тем анализ литературных данных показывает, что систематических сведений о технологических характеристиках ручных пневматических сверлильных машин очень мало. Известны лишь исследования выполненные Юрмановым В.А. под руководством профессоров Кована В.И. и Корсакова В.С., а также работы Новикова М.П., Кивмана А.И. и некоторых других. Организации проектирующие и эксплуатирующие ручные пневматические сверлильные машины не располагают научно обоснованными материалами, характеризующими основные технологические характеристики этих машин, что снижает эффективность их применения.

Основными технологическими характеристиками ручных сверлильных машин являются: точность и шероховатость поверхностей отверстий, полученных различными технологическими методами (сверлением, рассверливанием, зенкерованием, развертыванием), производительность машины, условия труда обслуживающего персонала.

На основе анализа литературных и производственных данных сформулированы следующие основные задачи:

1. Исследование точности размеров, формы и расположения оси отверстий при обработке различных материалов, различными технологическими методами.

2. Исследование шероховатости поверхностей отверстий, обработанных различными технологическими методами и при изменении различных факторов в определенных пределах.

3. Исследование производительности обработки ручной пневматической сверлильной машиной, в зависимости от различных факторов.

4. Исследование условий труда оператора, применяющего ручную пневматическую сверлильную машину, характеризующихся уровнями виброскорости и звукового давления.

5. Исследование влияния неуравновешенности роторов

ручной сверлильной машины на технологические характеристики.

Целью работы явилось исследование основных технологических характеристик ручных пневматических сверлильных машин, для наиболее эффективного их использования.

Во второй главе приведена методика исследований и обработки экспериментальных данных. В основу методики было положено комплексное исследование технологических характеристик ручных пневматических сверлильных машин.

Экспериментальные исследования осуществлялись по специальной разработанной программе, которая предусматривала выбор из всей номенклатуры ручных пневматических сверлильных машин, выпускаемых промышленностью, наиболее типичного объекта исследования, выделения основных факторов, определяющих количественно или качественно технологические характеристики ручных пневматических сверлильных машин, а также обоснования необходимых интервалов варьирования этих факторов. К таким факторам относятся: осевое усилие, прилагаемое к ручной сверлильной машине, различные диаметры сверл; качественные характеристики обрабатываемых материалов; остаточная неуравновешенность роторов сверлильной машины и др.

Как показали производственные наблюдения на ряде заводов Москвы и области и в соответствии с данными ВНИИСМи ручные пневматические сверлильные машины используются при сверлении, рассверливании, зенкеровании и развертывании отверстий в конструкциях из различных типов материалов используемых в виде элементов с большой толщиной, листов или пакетов. При исследовании мы ограничились наиболее употребляемыми материалами: сталь 45, сталь Ст. 3, дюралюмин Д16А, текстолит ПТК.

Осевое усилие, прилагаемое оператором к ручной сверлильной машине согласно санитарным нормам не должно превышать 20 кгс, однако как показали исследования этого усилия недостаточно для сверления отверстий больших диаметров. Поэтому при проведении исследований осевые усилия, прилагаемые к ручной сверлильной машине соответствовали 15, 20, 25, 30 и 35 кгс.

Средними прямыми ручными сверлильными машинами в различных материалах получают отверстия различной точности диаметром до 15 мм, поэтому исследования проводились со сверлами диамет-

ром 3,2; 6,7; 9,5; 12,5 мм, зенкерами диаметром 9,8 мм и раз-
вертками диаметром 10 мм.

При исследовании весь диапазон от 0,08 кг.см до макси-
мальной 2,07 кг.см остаточной неуравновешенности партии рото-
ров искусственно разбивался на четыре значения.

В качестве типичного объекта исследования была выбрана
средняя, прямая, неревверсируемая, пневматическая сверлильная
машина ИП-1010 московского завода "Пневмостроймашина". Все ис-
следования проводились на 5 машинах подобранных по близким тех-
ническим характеристикам на стендах ВНИИСМИ.

Для комплексного изучения технологических характеристик
при экспериментальных исследованиях была создана установка,
включающая: пружинную подвеску для закрепления ручной пневма-
тической сверлильной машины, позволяющую имитировать меха-
нический импеданс руки оператора; нагрузочный для создания раз-
личных осевых усилий; тележку с образцом материала, обеспечи-
вающую перемещение образца в направлении оси сверла; тормоз-
ное устройство и др.

Разработаны методики нахождения основных технологических
характеристик ручных пневматических сверлильных машин. Конт-
роль погрешности обработки и шероховатости поверхностей от-
верстий, оценка производительности обработки осуществлялись
соответствующими приборами (индикаторный нутромер часового
типа, МИС-II, "Калибр-201" и др.).

Измерение неуравновешенности роторов сверлильной машины
производилось на балансировочной машине ВНЕ-I. Измерение уров-
ней виброскорости и звукового давления ручной пневматической
сверлильной машины производилось аппаратурой "Брюль и Кьер".

Все устройства, приспособления, приборы и аппаратура
прошли соответствующую проверку и тарировку.

Экспериментальные данные обрабатывались по методике из-
ложенной в РТМ 44-62, а также нахождением уравнений регрес-
сии. Определение параметров уравнения регрессии производилось
по способу Чебышева, основанного на теории ортогональных по-
линомов и применения метода наименьших квадратов. Исходный по-
лином имеет общий вид:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \varphi_1(x) + \beta_2 \varphi_2(x) + \dots + \beta_m \varphi_m(x) \quad (1)$$

где $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ - коэффициенты регрессионного уравнения.

Для оценки всех технологических характеристик ручных сверлильных машин ограничивались квадратной или кубической параболой, обеспечивающих достаточную точность полученных зависимостей. Точность оценки значений зависимой переменной - Y по значениям независимой переменной - X и существенности связи между ними определялось при помощи дисперсии - D_m . Связь между зависимой и независимой переменной характеризовалась корреляционным отношением - R . По значениям статистических характеристик уравнения выбирался тот или иной его вид. Регрессионные уравнения получены при обработке экспериментальных данных на ЭЦВМ типа БЭСМ-4.

В третьей главе приведены данные по исследованию точности обработки и шероховатости поверхностей отверстий, полученных с помощью ручной пневматической сверлильной машины.

Для определения точности размера формы и расположения оси и шероховатости поверхностей отверстий в образцах из различных материалов сверлились, рассверливались, зенкеровались и развертывались отверстия. После каждого технологического метода измерялась погрешность обработки диаметральных размеров, формы в различных сечениях и увод оси отверстий. По результатам измерений строились полигоны распределения для каждого технологического метода подбирали теоретическую функцию для эмпирического распределения, находили характеристики кривых распределения (таблица I). Здесь же приведены данные о шероховатости поверхностей этих отверстий.

Таблица I.

Технологический метод	Обрабатываемый материал							
	Д16А				Сталь Ст. 3			
	$\bar{X}$, мм	σ , мм	R_z , мкм	класс чистоты	$\bar{X}$, мм	σ , мм	R_z , мкм	класс чистоты
Сверление	7,05	0,052	24-37	74-5	6,99	0,049	32-39	74
Рассверливание	9,81	0,048	69-104	73-4	9,76	0,042	36-64	74
Зенкерование	10,01	0,039	11-23	75-6	9,97	0,035	16-23	75
Развертывание	10,17	0,031	6-12	76	10,14	0,028	8-14	76

Суммарная погрешность обработки - Δ партии отверстий, полученных с помощью ручной сверлильной машины определялась по правилу "шести сигм".

Сопоставляя точность и шероховатость поверхностей отверстий, получаемых на стационарных станках и с помощью ручной сверлильной машины следует отметить, что точность диаметральных размеров при ручном сверлении и рассверливании ниже на один класс, при зенкеровании и развертывании на I-2 класса. Что касается погрешности формы отверстий в поперечном сечении, то при ручном сверлении, рассверливании, зенкеровании и развертывании она ниже на I-2 степени точности, однако шероховатость поверхностей отверстий при ручной обработке различными технологическими методами примерно такая же как и при обработке отверстий соответствующим инструментом на станке.

Удельный увод оси просверленных отверстий ϕ 6,7 мм и глубиной не более трех диаметров достигает 0,07 мм на миллиметр длины.

Экспериментально установлено, что с увеличением осевого усилия - P_0 с 15 до 35 кгс погрешность обработки отверстий у различных материалов при сверлении возрастает на 0,05-0,1 мм, а при рассверливании до 0,05 мм. Шероховатость поверхностей, обработанных отверстий - R_z при этом изменяется для стали Ст3 от R_z 24 ... 26 мкм до R_z 37 ... 43 мкм. С увеличением диаметра сверления 5; 6,7; 9,5; 12,5 в дюралюмине погрешность обработки возрастает на 0,1-0,2 мм, при рассверливании диаметра 3,2 мм на диаметры 5; 6,7; 9,5; 12,5 мм на 0,05-0,1 мм. С увеличением диаметра сверления шероховатость обработанных поверхностей практически остается без изменений. Погрешность обработки зависит от неуравновешенности роторов ручной сверлильной машины, т.к. с увеличением неуравновешенности роторов возрастают поперечные и осевые амплитуды вибрации сверлильной машины. Так с увеличением неуравновешенности ротора пневмодвигателя с $M = 0,08$ до $M = 2,07$ кгсм погрешность формы отверстий при рассверливании диаметра 3,2 мм на диаметр 9,5 мм у стали Ст3 возрастает на 0,05-0,1 мм, а у стали 45 на 0,05 мм. При этом шероховатость обработанных поверхностей возрастает с R_a 2,5 мкм до R_a 5,3 мкм при обработке различных материалов.

Получены уравнения регрессии (I) и их коэффициенты и статистические характеристики. Для случая сверления отверстий $\varnothing 6,7$ мм в дюралюмине Д16А, таблица 2.

Таблица 2.

Зависимость	Коэффициенты		Статистические характеристики уравнений	
	β_0	β_1	D_m	θ
$\Delta = f(P_0)$	0,415	0,002	0,35	0,98
$\Delta = f(D_{св})$	0,35	0,021	0,12	0,95
$\Delta = f(M)$	0,32	0,022	0,15	0,96
$R_z = f(P_0)$	22,3	0,38	0,25	0,95
$R_z = f(D_{св})$	31,0	0,24	0,10	0,98
$R_a = f(M)$	2,6	1,3	0,11	0,99

Для получения отверстий диаметром до 12 мм определяемой точности и шероховатости в работе приводится маршрут обработки отверстия. Даны рекомендации на обработку группы (2-3) отверстий с помощью ручной сверлильной машины, сформулированы требования предъявляемые к операторам работающим с ручными сверлильными машинами.

В четвертой главе приведены результаты исследования производительности обработки с применением оператором ручной пневматической сверлильной машины.

Значительное влияние на производительность обработки отверстий с помощью ручной пневматической сверлильной машины, оказывают осевое усилие, прилагаемое к машине, диаметр сверления и рассверливания, вибрации определенных параметров и ориентация ручной сверлильной машины в рабочей зоне и по высоте сверления.

Исследования показали, что при сверлении отверстий $\varnothing 6,7$ мм в различных материалах с увеличением осевого усилия с 15 до 35 кгс основное (технологическое) время - t_0 сокращается на 35-50%, а при рассверливании отверстий диаметра 3,2 до 6,7 мм основное время сокращается на 50-60%.

При сверлении сплошного материала различными сверлами с постоянным осевым усилием $P_0 = 30$ кгс с увеличением диаметра

сверления - Для от 3,2 до 12,5 мм основное время увеличивается на 25-30%, а при рассверливании отверстий диаметра 3,2 мм на диаметр 5; 6,7; 9,5; 12,5 мм у различных материалов основное время увеличивается в 3-6 раз.

Увеличение неуравновешенности ротора пневмодвигателя ручной сверлильной машины с $M = 0,08$ до $M = 2,07$ кгсм вызывает увеличение амплитуды осевой вибрации машины, что снижает основное время на 15-25% при обработке различных материалов.

Получены уравнения регрессии (I) и их коэффициенты и статистические характеристики, случай рассверливание отверстий $\varnothing 3,2$ мм до $\varnothing 9,5$ мм в стали Ст 3, таблица 3.

Таблица 3.

Зависимость	Коэффициенты		Статистические характеристики уравнений	
	β_0	β_1	Dm	θ
$t_0 = f(P_0)$	34,3	0,61	0,16	0,98
$t_0 = f(D_{св})$	11,2	9,12	0,31	0,94
$t_0 = f(M)$	83,6	-8,4	4,0	0,97

При обработке в крупногабаритных деталях отверстий, которые имеют различную ориентацию оси и расположены на различной высоте, может быть достигнута различная производительность. Нами найдена зона комфорта, в которой достигается наибольшая производительность оператора. Такой зоной при горизонтальном расположении оси сверлильной машины является высота сверления отверстий от 900 до 1300 мм.

В пятой главе исследованы условия труда оператора, применяющего ручную пневматическую сверлильную машину.

Основными факторами, определяющими условия труда оператора является вибрация и шум, возбуждаемые как самой ручной сверлильной машиной, так и процессом резания.

Экспериментально получены спектрограммы уровней виброскорости- L_v звукового давления- L_p , показывающие энергетическую картину при использовании ручной пневматической сверлильной машины, как на холостом ходу, так в процессе обработки.

Основными источниками возбуждения вибрации и шума ручной

пневматической сверлильной машины в области низких (11-200 гц) и средних (200-800 гц) частот являются составляющие силы резания, неуравновешенные массы быстровращающихся роторов, часть составляющих газодинамических сил, возникающих при работе пневмодвигателя машины; в области высоких частот (800-4000 гц) газодинамические силы и их составляющие, образующиеся от потока сжатого воздуха при входе в камеру пневмодвигателя и выходе из нее.

Увеличение осевого усилия, прилагаемого к ручной пневматической сверлильной машине ускоряет утомляемость оператора, при этом одновременно происходит некоторое увеличение уровня виброскорости машины на низких частотах.

Экспериментально получено, что уровни виброскорости сверлильной машины при обработке стали 45 выше на 2-4 дБ, чем при обработке дюралюмина Д16А и на 3-5 дБ чем при обработке текстолита ПТК, а при обработке дюралюмина Д16А выше, чем у текстолитана 2-3 дБ.

Неуравновешенность ротора пневмодвигателя ручной пневматической сверлильной машины проявляется на частоте $f_{rc} = n/60$ и близкой к ней, где n - число оборотов ротора. Так с уменьшением неуравновешенности ротора пневмодвигателя с $M = 2,07$ кгсм до $M = 0,08$ кгсм, когда ротор практически уравновешен, уровень виброскорости сверлильной машины снижается в поперечном направлении на 6-8% и в осевом направлении относительно оси сверла на 5-7%. При этом снижается уровень звукового давления машины на 10-12%.

Получены уравнения регрессии (I) их коэффициенты и статистические характеристики, для режима холостого хода ручной пневматической сверлильной машины, таблица 4.

Таблица 4.

Зависимость	Коэффициенты		Статистические характеристики уравнений	
	β_0	β_1	Dm	θ
$L_v = f(M)$ поперечн. напр.	87,4	4,9	0,29	° 0,99
$L_v = f(M)$ осевое напр.	90,8	3,7	0,36	° 0,98
$L_v = f(M)$	60,0	12,6	1,8	0,95

В шестой главе изложены требования к изготовлению роторов, в связи с эксплуатацией ручной пневматической сверлильной машины.

Основным требованием при изготовлении роторов является необходимость их уравнивания. Выделены конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы, определяющие неуравновешенность роторов ручной пневматической сверлильной машины. Остаточная неуравновешенность ухудшает технологические характеристики машины, а также долговечность и надежность работы подшипниковых опор.

Нами получены теоретические зависимости, учитывающие влияние неуравновешенности ротора пневмодвигателя на долговечность его опорных подшипников. Это влияние учитывается коэффициентом вибрационной перегрузки - δ . Выражение для расчета долговечности подшипников - h с учетом коэффициента δ запишется:

$$h = \left(\frac{G}{P \cdot K_{g \min} \cdot K_K \cdot K_T} \right)^{3.33} \cdot \frac{1}{n \cdot f} \quad (2)$$

$$\delta = 1 + \frac{35}{18} \left| \left(\frac{M}{K \cdot q - G_{оп} \cdot \omega} \right)^2 + 10^{-6} \cdot G_{оп} \cdot \sum \omega_b^2 \right| \quad (3)$$

где

$G_{оп}$ - вес ротора, приходящийся на опору подшипника;

K - жесткость опоры;

P - радиальное усилие на подшипнике;

K_g, K_K, K_T - эмпирические коэффициенты, учитывающие, динамические, кинематические и температурные режимы работы подшипников;

P - число дополнительных источников, возбуждающих колебание опор подшипников;

ω - угловая скорость вращения ротора.

Выражение (3) получено путем анализа колебательной схемы двухопорного изолированного ротора (узел пневмодвигателя РП 42-42 ручной сверлильной машины ИИ-1010).

Найдены теоретические зависимости, связывающие неуравновешенность ротора с колебаниями корпуса ручной пневматической сверлильной машины. Применением теоремы об изменении главных моментов количества движений были получены амплитудные значения углов поворота ручной сверлильной машины в вертикальной - B и горизонтальной - Γ плоскостях (B, Γ):

$$B = \frac{m \cdot \varepsilon_s \cdot b \cdot (J_{oc}^p + 1/6 J_{oc}^w + J_{ов})}{(J_{oc}^p + 1/6 J_{oc}^w)^2 - J_{оА} \cdot J_{ов}}, \quad (4)$$

$$\Gamma = \frac{m \cdot \varepsilon_s \cdot b \cdot (J_{oc}^p + 1/6 J_{oc}^w + J_{оА})}{(J_{oc}^p + 1/6 J_{oc}^w)^2 - J_{оА} \cdot J_{ов}},$$

где

m — масса ротора;

ε_s — эксцентриситет;

J_{oc}^w, J_{oc}^p — моменты инерции соответственно ротора пневмодвигателя и шпинделя сверлильной машины;

$J_{оА}, J_{ов}$ — моменты инерции сверлильной машины.

Выражения (3 и 4) обуславливают необходимость уравновешивания роторов пневмодвигателей сверлильной машины. В качестве меры, определяющей допустимую остаточную неуравновешенность роторов принята постоянная скорость центра масс ротора по формуле:

$$\varepsilon_s \cdot \omega = \text{Const} \quad (5)$$

Тогда допустимые значения неуравновешенности ротора пневмодвигателя равны (при симметричном расположении плоскостей исправления)

$$|\Delta_{л.о.}| = |\Delta_{н.о.}| = 0,5 \cdot m \cdot \varepsilon_s, \quad (6)$$

необходимая степень уравновешенности роторов может быть достигнута, как ужесточением конструктивных допусков на изготовление роторов сверлильной машины, так и расширением конструктивных допусков, но с введением в технологический процесс изготовления роторов операции уравновешивания.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Для эффективного использования ручного механизированного инструмента важно знать его технологические характеристики.

2. Проведенное комплексное исследование основных технологических характеристик ручных пневматических сверлильных машин ИП-1010 позволило определить, что при сверлении отверстий $\phi 6$ до 12 мм ручной пневматической сверлильной машиной в различных материалах может быть получена точность размера выше 7 класса

точности ($6\sigma = 294 \dots 312$ мкм), формы-ниже X степени точности. При рассверливании точность размера выше 7 класса точности ($6\sigma = 242 \dots 288$ мкм), формы ниже X степени, при зенковании точность размера достигает 5 класса точности ($6\sigma = 210 \dots 234$ мкм), формы X степени точности, а при развертывании точность размера выше 5 класса точности ($6\sigma = 168 \dots 186$ мкм) и формы IX-X степени точности.

3. Установлены достижимые пределы шероховатости поверхностей отверстий, обработанных различными технологическими методами с помощью ручной пневматической сверлильной машины в различных материалах. Отверстия диаметром от 3 до 12 мм могут иметь шероховатость при сверлении $R_z 25 \dots 39$ мкм, (∇ 4-5 класс чистоты), при рассверливании $R_z 40 \dots 105$ мкм, (∇ 3-4 класс чистоты), при зенковании $R_z II \dots 23$ мкм, (∇ 5-6 класс чистоты) при развертывании $R_z 6 \dots 14$ мкм, (∇ 6-7 класс чистоты).

4. Установлено, что одним из путей повышения производительности обработки ручной сверлильной машиной является наложение на машину вибраций. Однако, при этом возникает опасность ухудшения условий труда оператора, увеличение погрешности обработки и шероховатости поверхностей отверстий. Создание конструкции, обеспечивающей наложение вибрации на ручную сверлильную машину и одновременная виброизоляция рук оператора от источников вибрации, позволит в ряде случаев повысить производительность сверлильных машин.

5. Увеличение осевого усилия прикладываемого к ручной сверлильной машине с 15 до 35 кгс, при сверлении отверстий в различных материалах сокращает машинное время на 30-40%, а при рассверливании этих материалов машинное время сокращается на 50-60%. При этом происходит увеличение погрешности обработки примерно на 0,1 мм и шероховатости поверхности отверстий в пределах $R_z 35 \dots 100$ мкм, как при сверлении, так и при рассверливании. С увеличением осевого усилия возрастают уровни виброскорости машины на частотах 32 и 63 гц с 2 до 12 дБ в поперечном и осевом направлении при обработке различных материалов.

Увеличение осевого усилия выше 15-20 кгс вызывает быстрое утомление оператора, поэтому для увеличения производи-

тельности обработки с помощью ручной пневматической сверлильной машины, необходимо применение специальных нажимных приспособлений.

6. Увеличение диаметра сверления при обработке дюралюмина Д16А с 3,2 мм до 12,5 мм вызывает увеличение машинного времени на 25-30%, а при рассверливании дюралюмина Д16А в 6-8 раз, а для стали Ст.3 машинное время возрастает в 3-5 раз. С увеличением диаметра сверления с 5 до 12,5 мм возрастает погрешность обработки отверстия 0,1-0,2 мм и шероховатости поверхностей от R_z 25 ... 85 мкм, как при сверлении, так и при рассверливании.

7. Разработаны рекомендации о допустимой величине остаточной неуравновешенности роторов пневмодвигателей РП42-42, встраиваемых в ручные сверлильные машины, гайковерты, шлифовальные машины. Допустимая остаточная неуравновешенность роторов пневмодвигателей РП 42-42 по плоскостям исправления равна 0,12-0,15 г.см.

8. Установка уравновешенного, в рекомендуемых пределах, ротора пневмодвигателя в сверлильную машину позволит снизить уровень ее виброскорости на 6-8 дБ и звукового давления на 9-11 дБ на частоте вращения неуравновешенного ротора. При этом повысится точность обработки на один класс и уменьшится шероховатость на один класс.

9. Уравновешивание роторов ручной пневматической сверлильной машины повысит ее себестоимость на 0,04 руб. при одновременном снижении уровней вибрации и шума и повышении производительности труда оператора.

10. Результаты исследования технологических характеристик ручных пневматических сверлильных машин изложены в рекомендациях, которые используются во ВНИИСми.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Горбунов Б.И., Коноплев В.А., Бормотин Н.Н. Стенд для комплексного исследования ручных пневматических сверлильных машин. "Механизированный инструмент и отделочные машины". № 2, 1972 г., М., ЦНИИТЭстроинш.

2. Горбунов Б.И., Коноплев В.А. О допустимой остаточной неуравновешенности ротора пневмодвигателя РП 42-42. Э.И.

"Механизированный инструмент и отделочные машины". № 17, 1972
М. ЦНИИТЭстроймаш.

3. Горбунов Б.И., Коноплев В.А. Точность и шероховатость
поверхностей отверстий, полученных с помощью ручной пневмати-
ческой сверлильной машины. Э.И. "Механизированный инструмент
и отделочные машины". № 15, 1972 г. М. ЦНИИТЭстроймаш.

4. Горбунов Б.И., Коноплев В.А., Яковлева Л.Ф. Влияние
неуравновешенности роторов на шум и вибрацию ручной пневмати-
ческой сверлильной машины. "Известия вузов", Машиностроение,
№ 3, 1973 г.