

- службы деталей машин. – Запорожье: Изд-во ОАО “Мотор Сич”. – 2000. – С.360-389.
2. Попов С.Н. Решение задач трибоматериаловедения на основе системных многокритериальных методов математического анализа износостойкости сталей и сплавов / Попов С.Н., Антонюк Д.А., Попова Т.В. // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2004. – №4. – С.172-181.
 3. Икрамов У.А. Расчетные методы оценки абразивного износа / Икрамов У.А. – М.: Машиностроение, 1987. – 317с.
 4. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. – М.: Машиностроение, 1990. – 224с.

Поступила в редколлегию 15.11.2012.

УДК 621.74

МОГИЛЕВЦЕВ О.А., к. т. н., доцент
ГРЕСС А.В., д.т.н., профессор
ОРЛАТЫЙ Г.В., аспирант

Днепродзержинский государственный технический университет

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА ВО ВСТРЯХИВАЮЩИХ МЕХАНИЗМАХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН

Введение. Встряхивающие механизмы современных формовочных машин имеют пневматический привод. Сжатый воздух является важным энергетическим ресурсом в литейном цехе, поэтому вопрос эффективности его использования для получения полезной работы актуален. С целью повышения степени использования энергии сжатого воздуха все современные встряхивающие механизмы имеют рабочий цикл с отсечкой воздуха. Это позволяет исключить бесполезный его расход при выхлопе. Кроме того, с целью дальнейшего снижения расхода воздуха в рабочем цикле механизмов с расширением воздуха в замкнутом пространстве встряхивающего цилиндра предусмотрен участок хода поршня, при котором как впускные, так и выхлопные отверстия закрыты. Это позволяет использовать остаточную энергию сжатого воздуха в цилиндре для выполнения полезной работы.

С качественной точки зрения работа различных типов пневматических встряхивающих механизмов достаточно подробно рассмотрена в работах [1, 2]. Однако в количественном отношении вопрос об эффективности расширения воздуха в цилиндре встряхивающего механизма исследован недостаточно.

Постановка задачи. Исследование зависимости параметров работы встряхивающих механизмов от величины хода расширения сжатого воздуха и определение оптимальной величины этого участка хода поршня.

Результаты работы. Исследование выполнено методом однофакторного численного эксперимента на компьютерных моделях встряхивающих механизмов. Моделирование и расчеты проведены с использованием программного средства, разработанного в ДГТУ [3, 4] на основе алгоритма, предложенного П.Н.Аксеновым [1].

Для исследования выбраны виртуальные встряхивающие механизмы с поршневым и золотниковым распределением воздуха (далее для краткости будем называть их поршневым и золотниковым механизмами соответственно) с диаметром встряхиваю-

шого поршня 220 мм (полезная грузоподъемность около 500 кг), относительной площадью впускных отверстий 0,013 мм², выхлопных – 0,053 мм², ходом наполнения – 40 мм.

Для механизма с поршневым распределением начальная высота S_0 подпоршневого пространства (по другой терминологии – высота вредного пространства) составляет 71 мм, с золотниковым – 40 мм. Для золотникового механизма ход предварения впуска – 25 мм (равен диаметру впускного отверстия), для поршневого он всегда равен ходу наполнения.

Поршневой механизм имеет 8 круглых выхлопных отверстий диаметром 18 мм каждое. Предварительные расчеты показывают, что при меньшем количестве выхлопных отверстий (и, соответственно, большем диаметре) они открываются не полностью при ходе поршня вверх. Поскольку золотниковый механизм существующей конструкции имеет только одно выхлопное отверстие, он выполнен прямоугольной формы высотой 18 мм и шириной 113 мм (при сохранении той же суммарной площади выхлопа, что и для поршневого механизма).

В процессе компьютерного моделирования в первой серии численных экспериментов изменяется только величина S_r хода расширения воздуха в замкнутом пространстве встряхивающего цилиндра при сохранении остальных параметров на постоянном уровне. Ход расширения изменяется в пределах, обеспечивающих стабильную работу встряхивающего механизма. Во второй серии одновременно изменяется и начальная высота S_0 .

На основании полученных результатов построены и проанализированы графики зависимости основных параметров работы механизмов от величины хода расширения. В качестве основных параметров приняты полезная мощность механизма и удельный расход свободного воздуха на получение одного килоджоуля полезной работы. Первый показатель характеризует производительность механизма, второй – эффективность использования сжатого воздуха.

Как показал П.Н.Аксенов [1], удельная полезная работа встряхивающего механизма за один цикл встряхивания равна сумме удельных энергий удара и отражения. Поэтому полезную мощность механизма рассчитываем по формуле

$$N = F_n \cdot (e + e') \cdot n, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где F_n – площадь встряхивающего поршня, м²;

e и e' – удельные энергии удара и отражения, соответственно, Дж/ м²;

n – частота ударов, 1/с.

Удельный расход свободного воздуха на получение 1 кДж полезной работы рассчитывали по формуле

$$V_{уд} = \frac{V_{инд} \cdot n}{N}, \text{ л/Дж}, \quad (2)$$

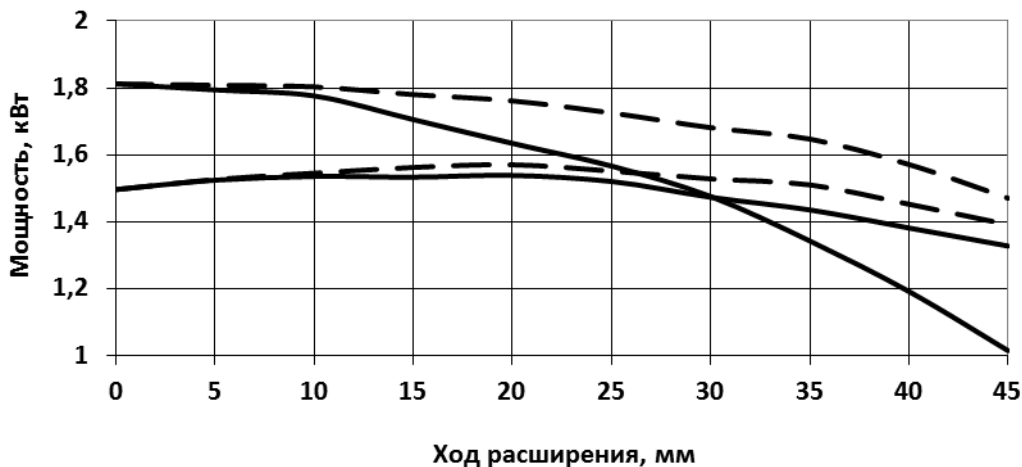
где $V_{инд}$ – индикаторный расход свободного воздуха за один цикл встряхивания, м³.

Значения величин, входящих в формулы, рассчитаны при компьютерном моделировании.

Как показывает компьютерное моделирование, оба механизма устойчиво работают при ходе расширения S_r от нуля до 45 мм. При увеличении S_r полный ход поршня возрастает, но ход инерции уменьшается, вследствие чего при $S_r > 35$ мм выхлопные отверстия открываются не полностью. При дальнейшем увеличении S_r до значений более 45 мм поршень поднимается, но на первых же циклах встряхивания зависает, не доходя до начала открытия выхлопа, и механизм перестает работать. Величина удельной энергии удара и частота ударов мало зависят от хода расширения.

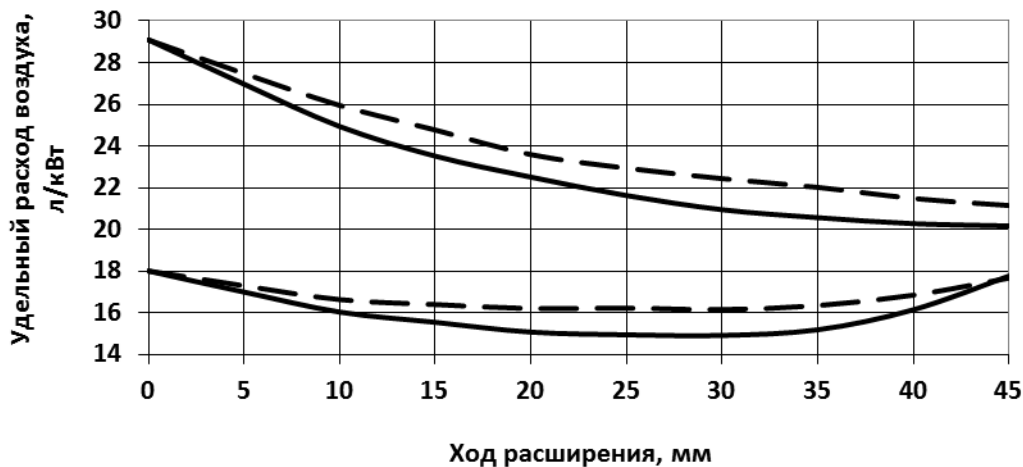
Зависимость полезной мощности механизма с поршневым воздухораспределением от величины S_r показана на рис.1, а зависимость удельного расхода свободного

воздуха – на рис.2 (кривые 1). Как видно, при увеличении S_r до 20 мм полезная мощность несколько увеличивается, а затем медленно падает. Общее изменение мощности не превышает 15%. Удельный расход воздуха при увеличении S_r существенно уменьшается: при $S_r = 40$ мм он снижается на 30% по сравнению с вариантом, когда ход расширения отсутствует.



1 – поршневой механизм с постоянной начальной высотой S_0 ;
 2 – то же, с переменной S_0 ; 3 – золотниковый механизм с постоянной S_0

Рисунок 1 – Зависимость мощности механизма от хода расширения



обозначения на рис. 1

Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода воздуха от хода расширения

При анализе индикаторных диаграмм замечено, что при увеличении хода расширения давление в цилиндре, при котором происходит удар, возрастает, и при больших значениях S_r имеет место обратное нагнетание воздуха из цилиндра в магистраль. Из логических соображений следует, что наилучшим является вариант, когда давление при ударе соответствует точке равновесия сил, действующих на поршень. Действительно, если удар происходит при меньшем давлении, поршень после удара поднимается медленнее, если удар происходит при более высоком давлении, воздух тормозит поршень в конце хода вниз, снижая энергию удара.

Поэтому в следующей серии численных опытов одновременно с увеличением S_r корректируется (увеличивается) начальная высота S_0 таким образом, чтобы давление при ударе всегда соответствовало точке равновесия сил. Результаты показаны на рис.1 и 2 кривыми 2. Как видно, этот прием малоэффективен для механизма с поршневым воздухораспределением: мощность несколько возрастает (не более, чем на 5%), одновременно увеличивается удельный расход воздуха (на 6%).

Основной особенностью встряхивающего механизма с золотниковым воздухо-распределением является меньшая величина хода предварения впуска по сравнению с ходом наполнения. Это улучшает условия работы механизма, снижая расход энергии поршня на сжатие воздуха в цилиндре.

Результаты анализа влияния хода расширения (без изменения S_0) на работу золотникового механизма показаны на рис.1 и 2 (кривые 3).

Как видно из графиков, для золотникового механизма увеличение хода расширения приводит к уменьшению мощности механизма. При небольшом ходе расширения мощность золотникового механизма значительно (до 20%) больше, чем аналогичного поршневого. Однако при увеличении S_r мощность первого падает быстрее, чем второго. При $S_r = 30$ мм их мощности одинаковы, а при $S_r = 40$ мм мощность золотникового механизма на 24% меньше, чем поршневого.

Удельный расход воздуха для золотникового механизма на всем интервале стабильной работы значительно ниже, чем для поршневого. С увеличением S_r этот показатель вначале уменьшается, затем возрастает. Минимальный удельный расход воздуха имеет место при значениях S_r от 20 до 35 мм.

Картина существенно меняется, если с увеличением S_r одновременно увеличивать S_0 , поддерживая давление при ударе на уровне точки равновесия сил, действующих на поршень (кривые 4 на рис.1 и 2). При этом условии мощность золотникового механизма на всем интервале значений S_r существенно превышает мощность поршневого. С увеличением S_r мощность несколько снижается. Удельный расход воздуха при условии корректировки S_0 несколько (до 8%) выше, чем без нее, однако он остается меньшим, чем для поршневого механизма.

Представляет интерес сравнение полученных результатов с рекомендациями [2], разработанными на основе анализа существующих формовочных машин. Согласно этим рекомендациям, безразмерная величина хода расширения должна составлять 0,15-0,25. Безразмерная форма позволяет применять разработанные рекомендации для механизмов с различной высотой встряхивания.

С целью сравнения полученных в данной работе результатов с рекомендациями [2] необходимо перевести результаты в безразмерный вид. Для этого следует отнести величины участков хода поршня к «конструктивному ходу встряхивания», то есть к расстоянию, которое проходит поршень от нижнего положения до полного открытия выхлопных отверстий.

Как следует из графиков, оптимальная величина хода расширения для исследованного поршневого механизма составляет: с точки зрения получения максимальной мощности 15-25 мм (в безразмерном виде 0,20-0,30); с точки зрения наиболее эффективного использования сжатого воздуха 35-45 мм (0,38-0,44). Для золотникового механизма эти величины равны соответственно 10-20 (0,15-0,26) и 15-35 мм (0,20-0,38).

Таким образом, компьютерный эксперимент, в основном, подтвердил рекомендации [2], если иметь в виду условия достижения максимальной мощности механизма. С точки зрения минимального расхода воздуха, оптимальная величина относительного хода расширения должна быть несколько большей, чем по рекомендациям [2].

Выводы. Исследование влияния расширения воздуха в цилиндре встряхивающего механизма, выполненное на компьютерной модели, показало следующее: 1) для механизма с поршневым воздухораспределением увеличение хода расширения в пределах устойчивой работы механизма мало влияет на полезную мощность механизма, но позволяет уменьшить удельный расход воздуха, необходимый для получения единицы полезной работы, на 30%; 2) для механизмов с золотниковым воздухораспределением увеличение хода расширения в определенных пределах оказывает значительно большее положительное влияние. Однако, увеличивая ход расширения для таких механизмов, необходимо одновременно корректировать начальную высоту подпоршневого пространства таким образом, чтобы поддерживать давление, при котором происходит удар, на уровне точки равновесия сил, действующих на поршень; 3) показатели эффективности работы золотникового механизма, при прочих равных условиях, значительно лучше, чем поршневого. Так, при оптимальной величине хода расширения и начальной высоте подпоршневого пространства мощность механизма с золотниковым воздухораспределением на 12-15% выше, а удельный расход воздуха на 25-35% меньше, чем с поршневым воздухораспределением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов: [учебник для вузов] / Аксенов П.Н. – М.: Машиностроение, 1979. – 510с.
2. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / Горский А.И. – М.: Машиностроение, 1978. – 551с.
3. Могилевцев О.А. Компьютерное моделирование работы встряхивающих механизмов формовочных машин / О.А.Могилевцев, А.А.Тонконог // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2010. – № 2 (123). – С.96-98.
4. Могилевцев О.А. Пакет программ для моделирования работы встряхивающих механизмов формовочных машин / О.А.Могилевцев, А.А.Тонконог // Литье-2010: VI Междунар. науч. конф., 21-23 апреля 2010 г.: материалы конференции. – Запорожье, 2010. – С.34-37.

Поступила в редколлегию 13.02.2013.