

Днепродзержинский государственный технический университет

**ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ НА РАБОТУ ВСТРЯХИВАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ
ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН**

Введение. Встряхивание является одним из распространенных методов машинного уплотнения формовочной смеси. В ДГТУ был разработан пакет компьютерных программ, позволяющий моделировать работу различных встряхивающих механизмов, рассчитывать основные показатели их работы и строить графики зависимости между различными величинами, в том числе индикаторную диаграмму [1].

Постановка задачи. Исследование влияния нагрузки на параметры работы встряхивающих механизмов формовочных машин.

Методика исследования. Исследование выполняли методом численного эксперимента на компьютерных моделях встряхивающих механизмов. Выбрали два виртуальных механизма: клапанный (с распределением воздуха с помощью двухседельного перекидного клапана) и золотниковый. Основные конструктивные параметры механизмов взяли одинаковыми на основе рекомендаций [2, 3]: диаметр встряхивающего поршня $D = 200$ мм, диаметр впускного отверстия (оно же и выхлопное) $d = 25$ мм, что соответствует относительной площади отверстия 0,0156. Коэффициент расхода воздуха для впуска 0,3, для выхлопа 0,5; коэффициент восстановления скорости при ударе 0,5. Приведенная высота вредного пространства $S_0 = 50$ мм, ход наполнения $S_e = 55$ мм, ход предварения впуска $S_z = 25$ мм. Золотниковый механизм отличается двумя существенными особенностями: наличием хода расширения воздуха в замкнутом пространстве встряхивающего цилиндра, который для исследуемого механизма равен $S_r = 10$ мм, и тем, что впускное (выхлопное) отверстие открывается и закрывается постепенно, тогда как перекидка двухседельного клапана с впуска на выхлоп и наоборот происходит мгновенно. Ход расширения в клапанном механизме отсутствует.

Изучали зависимость показателей работы механизмов от коэффициента нагрузки k_n , который определяли как отношение текущей массы M_n полезной нагрузки (модельно-опочной оснастки и формовочной смеси) к теоретической максимальной массе M_m полезной нагрузки, при которой обеспечивается равновесие силы давления сжатого воздуха на поршень снизу вверх и силы веса поднимаемых при встряхивании частей сверху вниз. Коэффициент нагрузки для каждого значения массы полезной нагрузки определяли по формуле

$$k_i = \frac{\dot{V}_i \cdot g \cdot (1 + f_{\delta\delta})}{F_i (\delta_i - \delta_{\delta\delta}) \cdot m_i},$$

где M_n – масса полезной нагрузки, кг; F_n – площадь встряхивающего поршня, m^2 ; p_m – давление сжатого воздуха в магистрали, Па; p_{atm} – атмосферное давление, Па; f_{mp} – условный коэффициент трения; m_n – относительная масса полезной нагрузки.

Силу трения принимали равной 0,25 от теоретической максимальной силы веса поднимаемых частей ($f_{mp} = 0,25$).

Принимали, что максимальная полезная нагрузка составляет 70 % от полной массы поднимаемых частей ($m_n = 0,7$). Давление (абсолютное) воздуха в магистрали 0,7 МПа.

Коэффициент нагрузки изменяли от нуля (встряхивание пустого стола машины) до единицы (максимально возможная нагрузка).

Расчет показателей выполняли до выхода механизма на стабильный режим работы. Стабильным считали режим, когда величина хода инерции поршня в двух последовательных циклах отличалась не более чем на 5%.

Изучали влияние коэффициента нагрузки на следующие показатели работы механизмов при стабильном режиме работы: полный ход S встряхивающего поршня (высоту встряхивания); удельную энергию удара e , Дж/м²; частоту ударов, n , с⁻¹; мощность N , кВт, развиваемую механизмом; индикаторный расход $V_{инд}$, л, свободного воздуха за один цикл встряхивания; удельный расход $V_{уд}$, л/кДж, свободного воздуха на получение одного килоджоуля энергии. Удельную энергию удара определяли как кинетическую энергию падающих частей непосредственно перед ударом. Мощность определяли по формуле

$$N = F_v \cdot (e + e') \cdot n,$$

где e' – удельная энергия отражения поршня, Дж/м².

Удельный расход сжатого воздуха находили из соотношения

$$V_{уд} = \frac{V_{сж} \cdot n}{N}.$$

Результаты работы. На рис.1 показана индикаторная диаграмма при нормальной работе клапанного механизма ($k_n = 0,7$). Механизм выходит на стабильный режим на третьем цикле встряхивания. Точка 1 соответствует удару и отражению поршня. На участке наполнения 1–2 впускное отверстие полностью открыто, поршень движется вверх, сжатый воздух поступает в цилиндр. Давление в цилиндре вначале увеличивается, затем несколько снижается в результате ускорения движения поршня. В точке 2 происходит перекидка клапана с впуска на выхлоп. Давление падает, но поршень продолжает подниматься до точки 3, когда движущиеся части исчерпают свою инерцию. Затем поршень опускается под действием силы веса до точки 4, когда происходит перекидка клапана на впуск. На участке 4–1 предварения впуска давление в цилиндре возрастает, но поршень продолжает падать до удара.

При увеличении нагрузки характер индикаторной диаграммы изменяется мало, уменьшается только ход инерции и полный ход поршня (рис.2). При $k_n \geq 1$ поршень, естественно, перестает подниматься.

Если нагрузка снижается, характер индикаторной диаграммы существенно изменяется (рис.3). В конце выхлопа в результате быстрого подъема поршня давление в цилиндре становится ниже атмосферного, что приводит к подосу воздуха в цилиндр из атмосферы.

Строение индикаторной диаграммы золотникового механизма при его нормальной работе несколько сложнее (рис.4). В точке 2 начинает постепенно закрываться впускное отверстие, в результате давление воздуха в цилиндре падает. На участке 3–4 закрыты и впуск, и выхлоп, происходит расширение воздуха в замкнутом пространстве. На участке 4–5 постепенно открывается выхлоп, 5–6 выхлоп полностью открыт. Далее поршень движется вниз. На участке 6–7 выхлоп открыт, 7–8 он постепенно закрывается, 8–9 происходит сжатие воздуха в замкнутом пространстве цилиндра, 9–1 постепенно открывается впуск.

Золотниковый механизм в отличие от клапанного устойчиво работает только при k_n не выше 0,8. При более высокой нагрузке выхлоп не успевает полностью открыться (рис.5). При нагрузке выше 0,9 поршень задерживается на участке расширения, и механизм перестает работать. При малой нагрузке наблюдается подсос воздуха в цилиндр (рис.6).

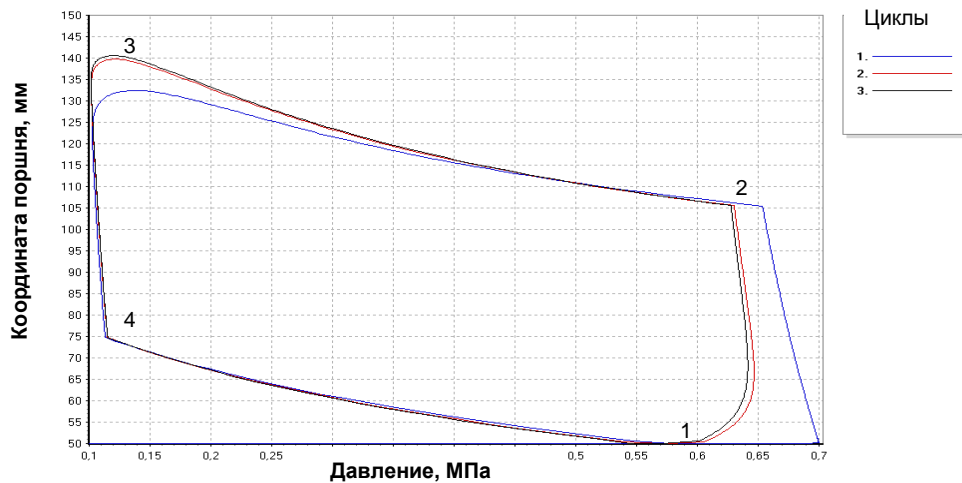


Рисунок 1 – Индикаторная диаграмма клапанного механизма при нормальной нагрузке ($k_n = 0,7$)

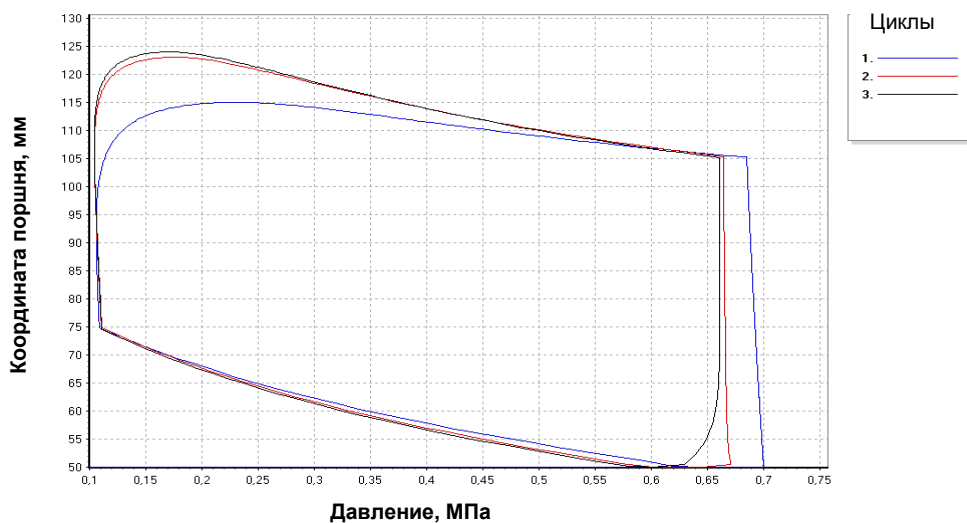


Рисунок 2 – Индикаторная диаграмма клапанного механизма при повышенной нагрузке ($k_n = 0,9$)

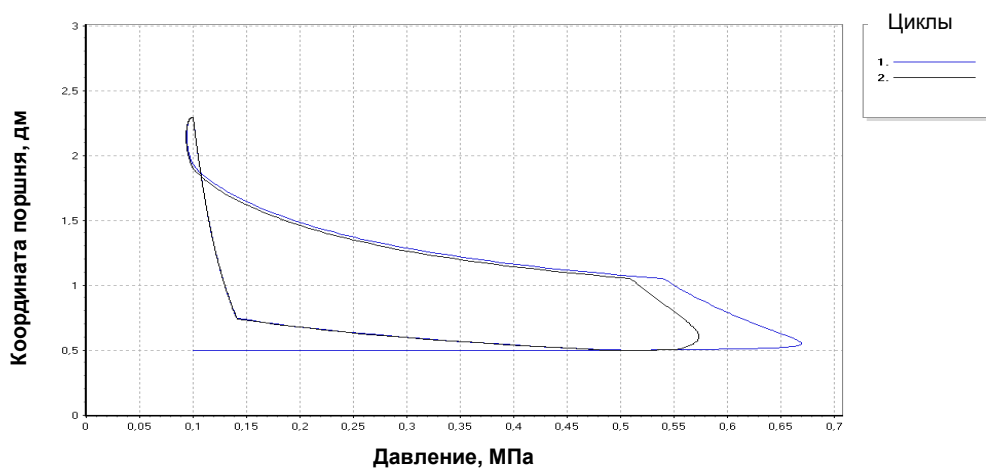


Рисунок 3 – Индикаторная диаграмма клапанного механизма при низкой нагрузке ($k_n = 0,1$)

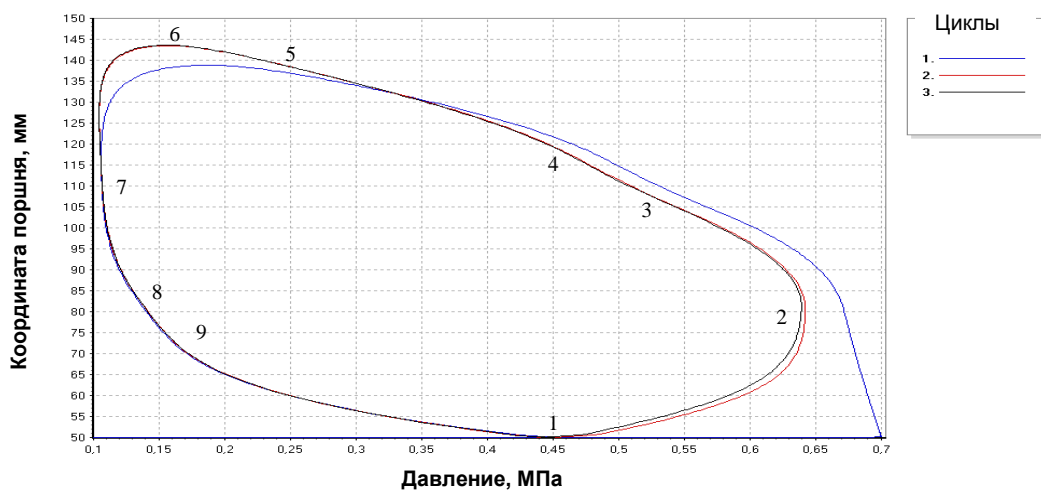


Рисунок 4 – Индикаторная диаграмма золотникового механизма при нормальной нагрузке ($k_n = 0,7$)

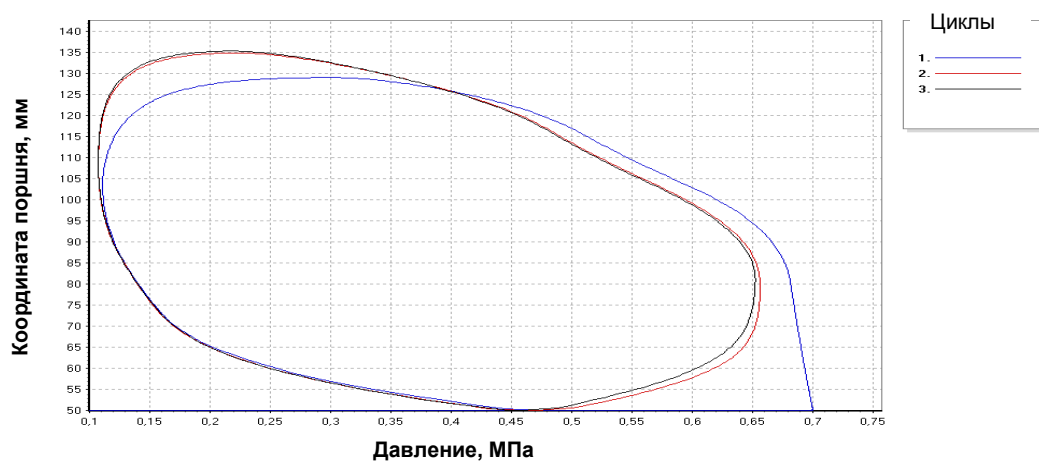


Рисунок 5 – Индикаторная диаграмма золотникового механизма при повышенной нагрузке ($k_n = 0,8$)

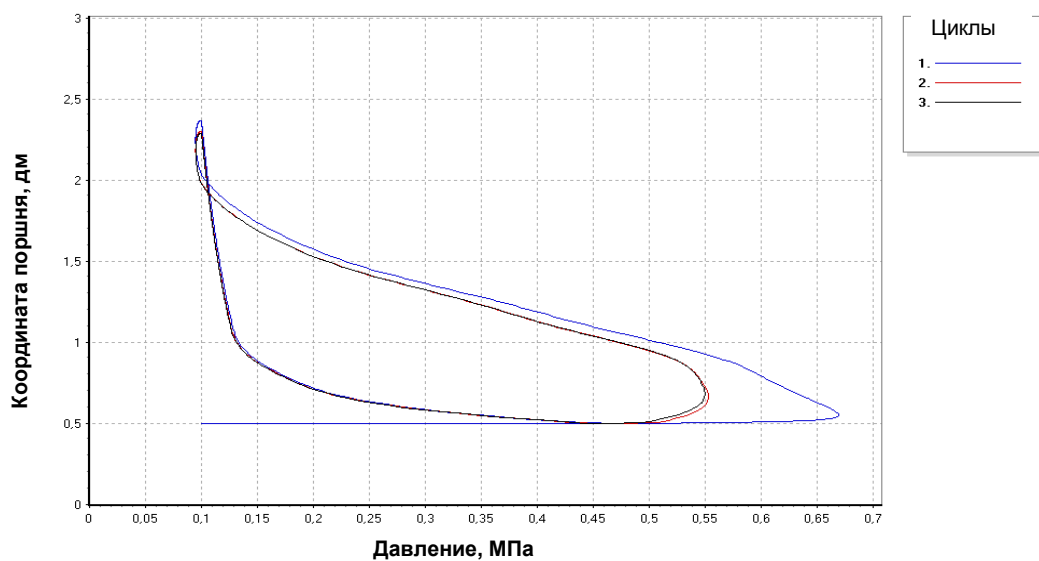


Рисунок 6 – Индикаторная диаграмма золотникового механизма при низкой нагрузке ($k_n = 0,1$)

На рис.7-12 показаны графики зависимости основных показателей работы встряхивающих механизмов от коэффициента нагрузки. Видно (рис.7), что при уменьшении нагрузки высота встряхивания увеличивается, причем она одинакова для обоих рассматриваемых механизмов.

Кривые энергии удара для обоих механизмов близки между собой (рис.8). Наибольшее значение энергии удара имеет место при коэффициенте нагрузки в пределах 0,5-0,8, что соответствует коэффициенту запаса площади поршня 2,0-1,25. При уменьшении k_n ниже 0,65 энергия удара снижается, несмотря на увеличение высоты встряхивания, что объясняется уменьшением массы падающих частей.

Частота ударов (рис.9) при увеличении нагрузки возрастает и достигает максимума при $k_n = 0,9$ для клапанного механизма и при $k_n = 0,8$ для золотникового, а затем незначительно снижается.

Поскольку степень уплотнения смеси зависит, в основном, от удельных энергий удара и отражения [2], важным показателем эффективности работы встряхивающего механизма является его мощность. Как видно из графика (рис.10), кривые мощности для обоих механизмов близки между собой: мощность достигает максимума при $k_n = 0,7$ (коэффициент запаса площади поршня 1,4). Как при увеличении, так и при уменьшении нагрузки мощность механизма снижается.

Индикаторный расход свободного воздуха при уменьшении k_n снижается для обоих механизмов, однако для золотникового механизма он всегда на 20 - 25 % меньше, чем для клапанного (рис.11).

Эффективность использования энергии сжатого воздуха можно характеризовать удельным расходом свободного воздуха, необходимым для получения одного килоджоуля полезной энергии удара и отражения. Зависимость этой величины от коэффициента нагрузки показана на рис.12. Как видно, удельный расход воздуха мало зависит от нагрузки, однако для обоих механизмов он минимален при k_n около 0,4-0,5 (коэффициент запаса площади поршня 2,5-2,0). Для золотникового механизма удельный расход воздуха на 22-24% меньше, чем для клапанного.

Выводы. Исследование на компьютерной модели зависимости показателей работы клапанного и золотникового встряхивающих механизмов формовочных машин от величины полезной нагрузки показало, что для обоих механизмов максимальная мощность достигается при полезной нагрузке, составляющей 0,6-0,8 от максимальной теоретической нагрузки, что соответствует коэффициенту запаса площади встряхивающего поршня 1,8-1,3. Наиболее полное использование энергии сжатого воздуха соответствует полезной нагрузке 0,4-0,5 от максимальной, то есть коэффициенту запаса 2,5-2,0.

Удельный расход воздуха, необходимый для получения единицы полезной энергии, для золотникового механизма на 20-25% меньше, чем для клапанного.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов : [учебник для вузов] / Аксенов П.Н. – М.: Машиностроение, 1979 – 510с.
3. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / Горский А.И. – М.: Машиностроение, 1978. – 551с.



Рисунок 7 – Зависимость полного хода поршня (высоты встряхивания) от коэффициента нагрузки для клапанного и золотникового механизмов

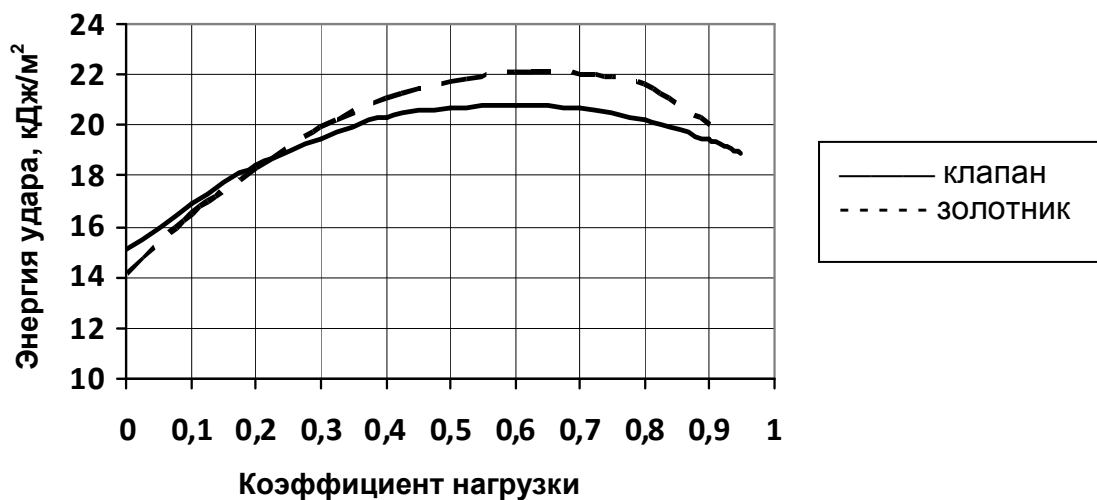


Рисунок 8 – Зависимость удельной энергии удара от коэффициента нагрузки

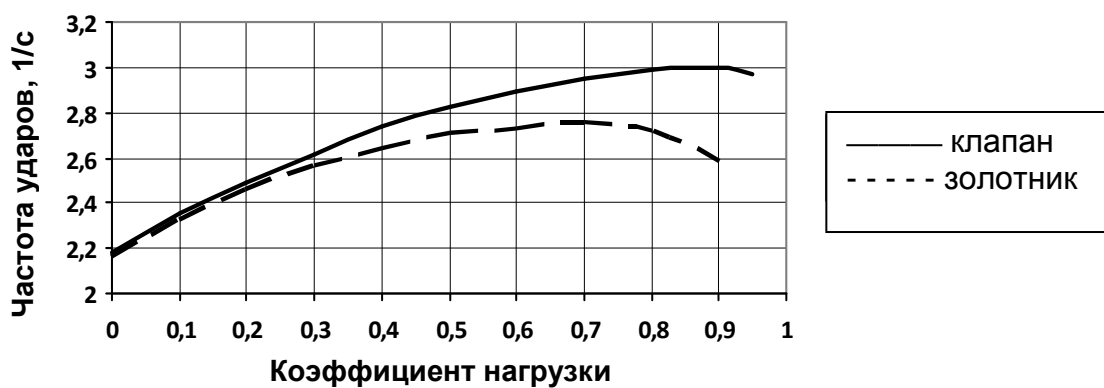


Рисунок 9 – Зависимость частоты ударов от коэффициента нагрузки

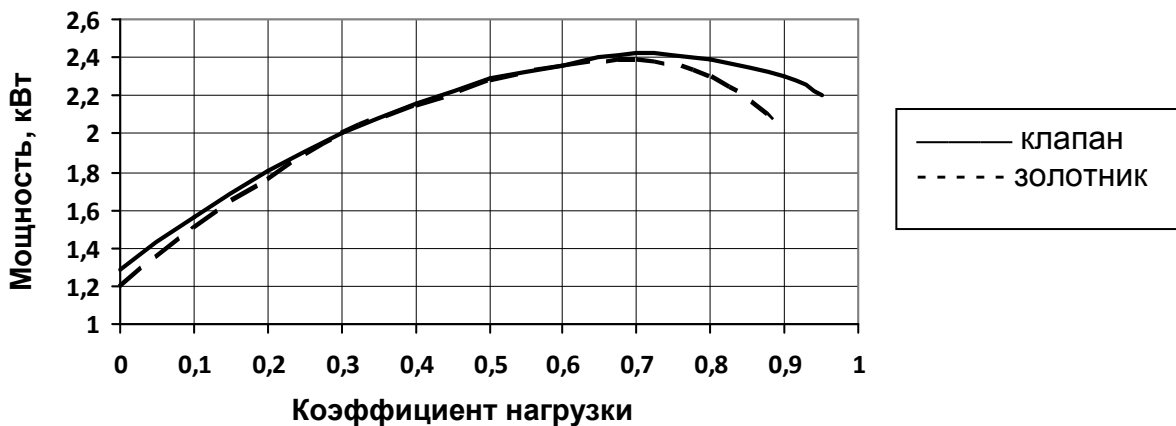


Рисунок 10 – Зависимость мощности от коэффициента нагрузки

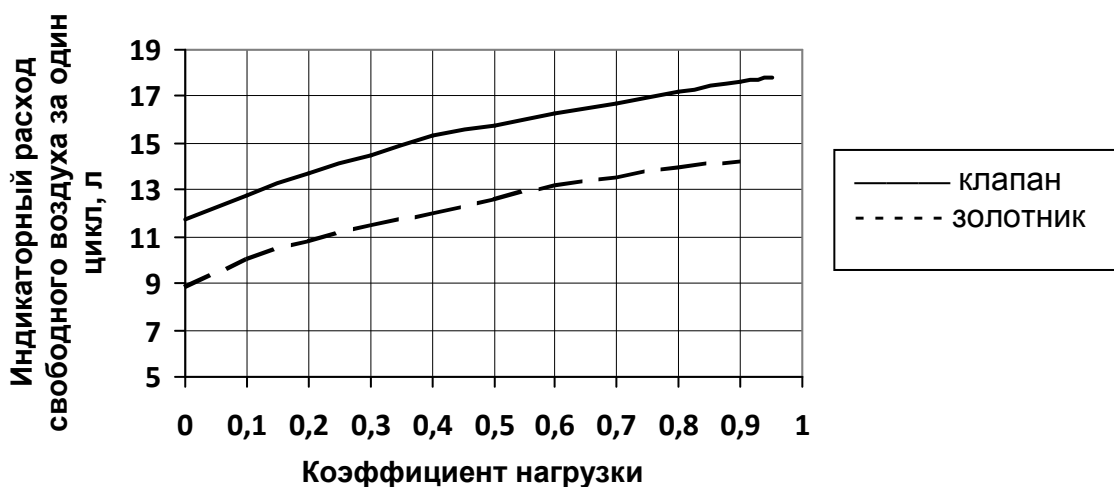


Рисунок 11 – Зависимость индикаторного расхода свободного воздуха от коэффициента нагрузки

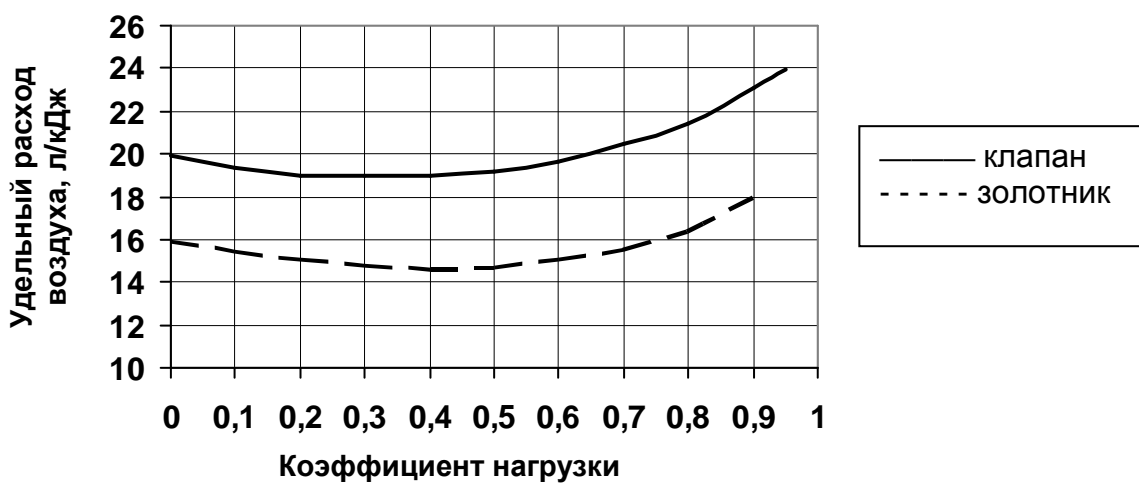


Рисунок 12 – Зависимость удельного расхода свободного воздуха на 1 кДж полезной энергии от коэффициента нагрузки