

Д.А. АРТАМОНОВА, С.С. ДУБРОВСКИЙ, кандидаты техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ, НАГРУЖЕННЫХ УДАРНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Проведено комплексное исследование различных факторов влияющих на работу перфораторов. Выведена формула для расчета линейных размерных цепей переносных перфораторов, учитывающая все виды нагружения различных деталей, участвующих в процессе генерации ударного импульса. Определен допуск исходного звена в основной линейной размерной цепи на примере переносного перфоратора ПП50В1, обеспечивающий его долговечность и производительность.

Основой обеспечения этих важнейших эксплуатационных показателей служит определение оптимальных параметров деталей и узлов еще на стадии проектирования. На сегодня доминирующим фактором надежности является обеспечение высокой точности деталей и узлов. Для нормальной работы машин необходимо чтобы детали и их поверхности занимали определенное положение относительно друг друга, соответствующее функциональному назначению. На стадии проектирования и разработке технологических процессов, кроме расчетов деталей на прочность и жесткость, необходимо производить так называемый геометрический, размерный расчет. Расчет угловых и линейных размерных цепей, учитывающих все факторы, действующие в процессе работы машины, обеспечивают высокую производительность и долговечность уже на стадии проектирования, что позволит составить метрическую модель изделия и оптимизировать требования к точности геометрических параметров, с целью обеспечения показателей качества функционирования в заданных пределах при установленных затратах на производство.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Проблема обеспечения долговечности и производительности машин стоит очень остро перед машиностроителями.

Именно от надежности работы деталей машин зависит экономическая эффективность предприятий. Поэтому решение вопроса обеспечения надежности и долговечности на протяжении многого времени является актуальным.

Основой обеспечения этих важнейших эксплуатационных показателей служит определение оптимальных параметров деталей и узлов еще на стадии проектирования. На сегодняшний день доминирующим фактором надежности является обеспечение высокой точности деталей и узлов. Для нормальной работы машин необходимо чтобы детали и их поверхности занимали относительно друг друга определенное положение, соответствующее функциональному назначению. Поэтому еще на стадии проектирования и разработке технологических процессов, кроме расчетов деталей на прочность и жесткость, необходимо производить так называемый геометрический, размерный расчет.

Расчет угловых и линейных размерных цепей, учитывающих все факторы, действующие в процессе работы машины, обеспечивают высокую производительность и долговечность уже на стадии проектирования. Это позволит составить метрическую модель изделия и оптимизировать требования к точности геометрических параметров, с целью обеспечения показателей качества функционирования в заданных пределах при установленных затратах на производство.

Использование методов расчета размерных цепей позволяет существенно сократить время технологической подготовки производства, а также обеспечить наивысшее качество сборки и эксплуатации изделий.

Анализ исследований и публикаций. В данном направлении проведено значительное количество исследований [1-4], детально рассмотрен процесс работы перфоратора, определены степень нагрузки и деформирования деталей. Разработано большое количество различных технологических методов повышения эксплуатационных показателей перфораторов. Что позволяет значительно повысить ресурс перфораторов и является надежной платформой для проведения дальнейших исследований по повышению надежности и производительности их деталей.

Постановка задания. Несмотря на проведенные исследования, вопросы технологического обеспечения высокого уровня эксплуатационных показателей перфораторов остается достаточно актуальными [6]. Поэтому целью работы является исследование влияния точности изготовления деталей и качества сборки на эксплуатационные показатели на примере перфораторов, которые собираются без компенсаторов и не имеют возможности под настраиваться в процессе эксплуатации.

Изложение материалов и результаты. Эксплуатационные показатели изделий напрямую зависят от точности изготовления деталей и качества сборки. Особенно это касается перфораторов,

которые собираются без компенсаторов и не имеют возможности под настраиваться в процессе эксплуатации. Перфораторы передают генерированный ими ударный импульс породе, которую они разрушают. Поэтому все детали перфоратора испытывают знакопеременные нагрузки - вибрацию. За счет вибрации детали имеют не постоянные размеры, а размеры, величина которых колеблется в некоторых пределах. Причем это относится как к диаметральным величинам, так и к линейным. [1].

На рис. 1 изображен переносной перфоратор ПП50В1 основными деталями которого является цилиндр 1, в который вставляются поршень-ударник 2 и втулка направляющая 3. На втулку направляющую крепится патрон 4, с поворотной буксой 5 и гранбуксой 6, удерживающей штангу 7. Эти детали образуют линейную размерную цепь А, приведенную на рисунке. Они в процессе работы должны обеспечить плоский удар (за счет расчета угловых размерных цепей) и нужную величину открытия выхлопного окна (звено А₇) за счет расчета линейной размерной цепи А [3].

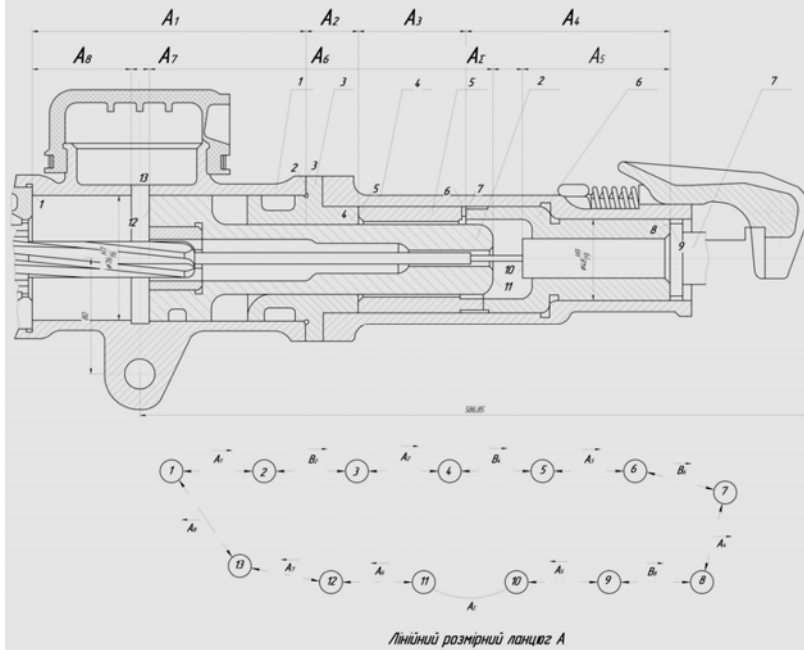


Рис. 1. Переносной перфоратор ПП50В1

Как показали проведенные экспериментальные исследования, в рассматриваемом перфораторе величина открытия выхлопного окна в момент удара должна колебаться от 3 до 6 мм, т.е. равна $A_7=4,5\pm 1,5$ мм, допуск равен $TA_7=3$ мм. [3]. Открытие выхлопного окна в этих пределах обеспечит максимальную энергию удара.

Поэтому необходимо учесть все виды погрешностей, образующиеся при изготовлении, сборке и эксплуатации.

Точность деталей зависит от точности изготовления линейных и диаметральных размеров, точности формы и точности относительного расположения поверхностей.

Точность сборки зависит от величины перекосов деталей в пределах зазоров и упругой деформации стыков, которая определяется только в ходе экспериментов, т.е. в собранном виде. Поэтому очень важно учесть максимальное количество действующих факторов уже на стадии проектирования. Это позволяет сделать теория размерных цепей, в которой рассеивание конечного размера определяется как сумма погрешностей, вызванных различными факторами [2]. Такая погрешность в общем виде определяется по выражению (1)

$$E_{\Sigma} = \frac{\sqrt{K_{\Sigma}^2 \cdot T_{\Sigma}^2 + K_v^2 \cdot T_v^2 + K_{\Sigma s}^2 \cdot T_{\Sigma s}^2 + 2 \sum C_i \cdot C_j \cdot r_{ij} \cdot K_i \cdot K_j \cdot T_i \cdot T_j}}{K_{\Sigma}}, \quad (1)$$

где K_{Σ} - коэффициенты относительного рассеивания замыкающего и, соответственно, составляющих звеньев, при количестве звеньев в цепи $n > 5$, $K_{\Sigma} = 1$; T_{Σ} - допуск замыкающего звена и, соответственно других составляющих; r_{ij} - коэффициент корреляции.

В выражении (1) четвертым слагаемым можно пренебречь ввиду малости значений.

Для вывода конкретных выражений для расчета размерных цепей необходим индивидуальный подход с анализом причин, влияющих на работу машины.

Так в перфораторах на величину открытия выхлопного окна будут влиять номинальные размеры длин деталей цепи А, допуски на их изготовление, износ в процессе эксплуатации, торцевые биения и пределы изменения длин под действием ударных импульсов. Тогда выражение (1) примет вид (2)

$$T_{\Sigma} = \sqrt{\sum T_i^2 + \sum \beta_j^2 + \sum \Delta L_i^2 + \sum T_{изн}^2}, \quad (2)$$

где T_{Σ} - допуск исходного звена; ΣT_i - сумма допусков линейных размеров; $\Sigma \beta_j$ - сумма торцевых биений; $\Sigma \Delta L_i$ - сумма линейных деформаций деталей, входящих в размерную цепь; $\Sigma T_{изн}$ - величина износа торцов деталей.

Величина линейных деформаций деталей нагруженных и не нагруженных ударным импульсом не одинакова и определяется по различным выражениям. Так величина максимальной линейной деформации для поршня-ударника и штанги, нагруженных ударным импульсом определится по формуле [1]

$$\Delta L = V_0 l \alpha \mu \varepsilon / 2a, \quad (3)$$

где V_0 - скорость поршня-ударника в момент удара, м/мин; a - скорость распространения волн в металле, м/мин; l - длина детали, мм; μ - коэффициент Пуассона; ε - коэффициент, зависящий от генерируемого импульса.

Расчет максимальных линейных деформаций деталей, не нагруженных непосредственно ударом (втулка направляющая, бруска и гранбруска), производится по выражению

$$\Delta L = \frac{l_i \cdot \mu \cdot \chi_i}{E} \quad (4)$$

где μ и E - коэффициент Пуассона и модуль упругости материала детали, мм; χ_i - коэффициент, зависящий от количества передаваемой энергии.

Значения линейных деформаций деталей перфоратора ПП50В1 определены по выражениям (3) и (4) и представлены в табл. 1.

Таблица 1

Величины линейных деформаций деталей перфоратора ПП50В1

Наименование детали	Звено размерной цепи	Длина детали, L	Мах. деформация детали ΔL
1. Цилиндр, мм	A1	124	0,028
2. Поршень, мм	A6	188	0,067
3. Втулка направляющая, бруска поворотная, мм	A2, A3	30	0,003
4. Гранбруска, мм	A4	109	0,031
5. Штанга, мм	A5	108	0,036
	Σ		0,086

В табл. 1 не включено значение звена A8 в виду отсутствия значительной деформации и износа. Суммарная величина деформаций определялась по вероятностному методу.

Как видно из табл. 1, линейные деформации деталей, входящих в размерную цепь A, достигают значительных величин, соизмеримых с допуском на размер. Поэтому величина линейных деформаций деталей должна быть учтена при расчете замыкающих звеньев в линейных размерных цепях изделий, нагруженных ударным импульсом.

Для расчетов конструкторского допуска исходного звена в линейной размерной цепи $T_{\Sigma k}$ используется только часть исходного допуска на замыкающий размер $T_{\Sigma нач}$, которая зависит от условий производства и проектируемого запаса точности. Как правило торцевые биения; $\Sigma \Delta L_i$ - суммарная деформация деталей в размерной цепи; $\Sigma T_{изн}$ - суммарный износ торцов деталей, входящих в размерную цепь.

По найденным значениям допуска на исходное звено производится расчет допусков размеров, входящих в размерную цепь. Так для перфоратора ПП50В1 были найдены значения величин, входящих в выражение (5), которые приведены в табл. 2 [3].

Таблица 2

Расчетные значения допуска исходного звена в линейной размерной цепи A

$T_{\Sigma нач}$	$\Sigma T_{изн}$	$\Sigma \Delta L_i$	ΣT_T	$\Sigma \beta_j$	$T_{\Sigma k}$	Исходное звено	Исходный размер
3,0	0,4	0,086	1,72	0,266	2,4	A7	4,5+ 1,2

Суммарный допуск на износ деталей, входящих в размерную цепь A определен исходя из износа конкретных сопряжений при долговечности в 300 часов. Такую долговечность имеют наиболее ответственные детали перфоратора - поршень-ударник и гранбруска [1]. Номинальные размеры и допуски были взяты из заводских чертежей деталей.

Как видно из табл. 2 учет факторов, действующих на детали, входящие в размерную цепь A привел к уменьшению допуска на исходное звено на 0.8 мм, что обеспечит ужесточение допусков

на составляющие звенья и, в конечном счете, повысит долговечность всего перфоратора. Расчет суммарных допусков размеров и торцевых биений производился вероятностным методом.

Выводы. Таким образом, учет наиболее значимых величин, износа, торцевых биений и деформаций, влияющих на размеры в линейных размерных цепях изделий, нагруженных ударным импульсом, позволит уже на стадии проектирования обеспечить более высокую долговечность изделий.

Список литературы

1. Бегаоев И.А., Бойко А.И. Повышение точности и долговечности бурильных машин. – М.: Недра, 1986. -213 с.
 2. Дунаев П.Ф., Леликов А.П. Расчет допусков размеров. – М.: Машиностроение, 1981. – 189 с.
 3. Артамонова Д.А. Исследование точности сопряжений переносных перфораторов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Кривой Рог, 1995.
 4. Артамонова Д.А. Расчет отклонений от расположения поверхностей. Сб. материалов Всероссийской конференции-семинаре. Сызрань, СГТУ. – 2011.
 5. Артамонова Д.А., Котляр Д.А. Определение точности сопряжений телескопного перфоратора. Вісник КТУ. Зб. Наукових праць. Вип.22. 2008р. с.126-129.
 6. Артамонова Д.А., Нечаев В.П., Касир С.Г., Кисильов В.В. Некоторые направления повышения долговечности переносных перфораторов. Вісник КТУ. Зб. Наукових праць. Вип.30. 2012-с.139-141.
 7. Laura Wakeford. How Your Design Can Affect The Cost, Quality And Time Required To Manufacture Parts. MCADVision Magazine - July 2001 - Part1.
 8. О.Н. Калачев, Н.В. Богоявленский, С.А. Погорелов Графическое моделирование размерной структуры технологического процесса на электронном чертеже в среде AutoCAD// Вестник компьютерных и информационных технологий. М.: - 2012. - №5.– С.13-19
- Рукопись поступила в редакцию 14.04.15

УДК 621.316.765:621.314.632

В.Г. ФАЙНШТЕЙН, канд. техн. наук, доц., А.В. ПИРОЖЕНКО, канд. техн. наук,
КМИ ДВНЗ Криворожский национальный университет

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Существующая практическая подготовка специалистов в области электропривода признана как недостаточная, не позволяющая им самостоятельно проводить комплекс наладочных работ или работ по устранению отказов. Все известные виртуальные методы исследования электроприводов масштабируются во времени, поэтому у обучающихся не развиваются навыки по использованию измерительных и регистрирующих приборов при работе на реальной установке, а также навыки по работе с реальными узлами систем управления для настройки заданных режимов привода. Предложен стенд, состоящий из реальной системы регулирования и модели силовой части привода, работающей без масштаба времени, что позволило значительно приблизить лабораторную установку к реальному приводу. Детально рассмотрена структура лабораторного стенда на базе двигателя постоянного тока независимого возбуждения с реверсивным тиристорным преобразователем. Доказано, что оптимальным алгоритмом моделирования трехфазного мостового преобразователя, работающего на якорную цепь, является алгоритм, который по номеру включаемого тиристора и состоянию остальных тиристоров позволяет выбрать расчетную схему и выполнить интегрирование уравнений, описывающих электрические процессы в схеме, определить момент изменения состояния тиристоров и переход к другой расчетной схеме. Приведены дискретные модели и рассмотрены расчетные схемы трехфазного мостового преобразователя в нормальном режиме коммутации тиристоров и аварийном режиме при ложном включении тиристора во время коммутации. Математический аппарат модели - решение дифференциальных уравнений методом численного интегрирования Рунге-Кутты. Предложено аппаратное обеспечение математической модели на базе микро-ЭВМ семейства ARM CortexTM четвертого поколения.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Подготовка специалистов в области электропривода в высших учебных заведениях последние годы в основном сводилась к теоретической части. Практическая подготовка ограничивалась выполнением типовых лабораторных работ, при этом в силу известных обстоятельств (дороговизна стендов, ограничения, связанные с техникой безопасности, ограничения по мощности привода и т.д.) студенты самостоятельно не могут провести комплекс наладочных работ или работ по устранению отказов. Кроме того, практическая подготовка специалистов должна обеспечить многообразие задач, например, умение проводить наладку систем управления для приводов с двигателями различной мощности, различного характера нагрузки и т.п. При этом необходимо обеспечить минимальные капитальные и эксплуатационные затраты, связанные с созданием лабораторного стенда.