

621.73
3-62

Проф. Д. И. Зимин

ЯНИКУТОВ И ТОВАРИЩИ
В ПЕЧАТЫ

621.73

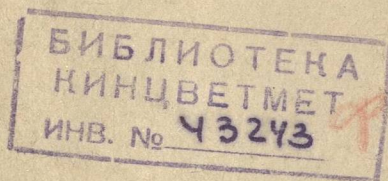
3-62

РАСЧЕТ И КОНСТРУКЦИЯ КУЗНЕЧНЫХ МАШИН

ЧАСТЬ I

ПАРО-ВОЗДУШНЫЕ МОЛОТЫ

Утверждено Всесоюзным Комитетом
по делам высшей школы при СНК СССР
в качестве учебника
для машиностроительных вузов



Н К Т М — С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1940 Ленинград

В основу настоящего учебника положен 19-летний преподавательский опыт автора во втузах, предшествующая заводская практика и литературные данные как советских, так и зарубежных изданий.

В книге даны описание, расчет, конструирование и испытание кузнечных машин.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов машиностроительных втузов, а также для инженеров-конструкторов машиностроительной промышленности.

Редактор В. И. Залесский. Корректор Л. А. Спасско.
Техн. редактор Е. Н. Самкина.

Изд. № 45. Слано в набор 19/VIII 1940 г. Подп. к печати 2/X 1940 г. Индекс МО-45-5-2. Тираж 5000. Печ. листов 25 $\frac{1}{4}$ +3 вкл. Бум. листов 13. Формат бумаги 70×108 $\frac{1}{16}$. Л. 53013. Учетн. изд. л. 28,65. Учетн. № 2703. Зак. № 5875.
Цена 14 р. 25 к., переплет 2 р. 50 к.

1-я тил. Машгиза НКТП. Ленинград, ул. Моисеенко, 10

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	6
Введение	7
Глава I. Паро-воздушные ковочные молоты	10
1. Принцип действия паро-воздушного молота с автоматическим парораспределением	10
2. Теоретическая индикаторная диаграмма парового молота с автоматическим парораспределением	13
3. Расчет парового молота двойного действия с автоматическим парораспределением и одновременным впуском и выпуском пара	15
Ход поршня вверх	15
Ход поршня вниз	18
Определение скоростей поршня	19
Определение числа ударов молота	21
Определение расхода пара	22
Определение индикаторной работы L_i	23
Определение мощности молота	24
Определение удельных расходов пара и к. п. д. молота	24
4. Расчет ковочного парового молота с автоматическим парораспределением и неодновременным впуском и выпуском пара	25
Ход поршня вверх	25
Ход поршня вниз	26
Определение скоростей поршня	27
Определение расхода пара	37
5. Влияние поковки на движение бабы молота вверх	38
6. Ход поршня вниз при наличии поковки	39
7. Регулирование хода молота	41
8. Определение размеров золотника	46
9. Процесс закрытия нижних окон золотниковой втулки при периоде наполнения γH_m	51
10. Скорость нижнего пара на участке наполнения γH_m при постоянном давлении пара в цилиндре	54
11. Скорость пара, протекающего через нижние окна золотниковой втулки, при отсутствии постоянства давления пара на участке наполнения γH_m	63
12. Экспериментальные данные об истечении пара	68
13. Уточнение теоретической индикаторной диаграммы	70
Период наполнения нижнего пара γH_m — линия ab (см. фиг. 8—10)	70
Период предварения выпуска пара снизу поршня при ходе вверх	74
Линия выпуска пара снизу поршня при ходе вниз на участке $(1 - \gamma - \beta) H_m$	75
Предварение впуска пара снизу поршня при ходе вниз	76
Период выпуска верхнего пара при ходе поршня вверх $(1 - \gamma' - \beta') H_m$	76
Период предварения впуска верхнего пара на участке $\gamma' H_m$ при ходе поршня вверх	77
Период впуска верхнего пара на участке $\gamma' H_m$ при ходе поршня вниз	78
Период предварения выпуска верхнего пара на участке $(1 - \gamma' - \beta') H_m$	78
14. Анализ индикаторных диаграмм	79
Ход бабы вверх	79
Ход бабы вниз	80
15. Обработка уточненной индикаторной диаграммы	82
16. График распределения рабочих периодов пара	87
17. Определение расхода пара по уточненной индикаторной диаграмме	90
18. Единичные удары	91
19. Метод расчета ковочного паро-воздушного молота двойного действия с автоматическим парораспределением	94
Параметры молота	95
Определение γ и β при полном холодном ударе	101
Определение влияния высоты поковки на величину хода и энергию удара молота	103
Определение влияния смещения золотника на ход бабы и энергию удара	104
Определение скоростей v	105

	Стр.
Определение промежутков времени t	106
Определение теоретического числа ударов молота	107
Определение расхода пара и удельных показателей	107
Определение размеров золотника	108
Определение начала мяття нижнего и верхнего пара	109
Построение уточненной индикаторной диаграммы	113
Определение расхода пара по уточненной индикаторной диаграмме	116
Глава II. Парораспределение ковочных молотов	117
1. Парораспределение Массей с ручным управлением и автоматической отсечкой	117
2. Парораспределительный механизм Массей с автоматическим и ручным управлением	119
Полные автоматические удары	121
Полные единичные удары	122
Неполные удары	122
Шлифовочные удары	122
Держание бойка на весу	123
Прижим поковки	124
3. Парораспределение Баннинг с автоматическим и ручным управлением	126
Полные непрерывные автоматические удары	129
Неполные автоматические удары	129
Шлифовочные удары	129
Полные единичные удары	129
Держание бойка на весу	130
Прижим поковки	130
Анализ работы парораспределительного механизма молота Баннинг 750 кг	130
4. Парораспределение Бринкман с автоматическим и ручным управлением	132
5. Парораспределение Массей с ручным управлением и автоматической отсечкой посредством поворота золотника	134
Полные единичные удары	138
Прижим поковки	140
Держание падающих частей на весу	140
Шлифовочные удары	140
6. Клапанное парораспределение с ручным управлением	140
Единичные удары	144
Прижим поковки	145
Держание бабы на весу	146
Глава III. Паро-воздушные штамповочные молоты	147
1. Рабочие циклы штамповочных молотов	147
Единичные удары	148
Автоматические удары	152
Управляемые удары	152
Циклы качания	153
2. Перемещение золотника и поворот дросселя в зависимости от хода бабы и величины опускания педали	154
3. Общая теоретическая и уточненная индикаторные диаграммы замкнутого цикла движения поршня	161
Первый холостой ход вверх	163
Первый холостой ход вниз	164
Уточненная индикаторная диаграмма единичного удара первой категории	164
Уточненная индикаторная диаграмма первого холостого хода вверх	166
Уточненная индикаторная диаграмма первого холостого хода вниз	167
4. Расчет паро-воздушного штамповочного молота	169
Параметры молота	169
Определение γ , γ' , β и β' при первом холостом ходе вверх	172
Первый вариант расчета	174
Второй вариант расчета	186
Регулирование парораспределения	201
Глава IV. Элементы расчета паро-воздушного ковочного молота при работе воздухом	203
Ход бабы вверх	206
Ход бабы вниз	209
Глава V. Конструкции и детали паро-воздушных молотов	211
1. Конструкции паро-воздушных ковочных молотов	211
Молоты одностоечные без направляющих	211
Молоты одностоечные с направляющими	217
Двухстоечные арочные молоты	222
Двухстоечные мостовые молоты	230
2. Конструкции паро-воздушных штамповочных молотов	235
Штамповочные молоты Ири и Чамберсбург	235

	Стр.
Штамповочные молоты Эумуко	240
Штамповочные молоты Баннинг	244
Штамповочные молоты отечественного производства	246
Штамповочный молот Гамбург с плоским золотником	248
Штамповочные молоты Эумуко простого действия с тонким штоком	248
Штамповочные молоты Беше с нижними цилиндрами	253
Штамповочные молоты Беше с подвижным шаботом	259
Батарейные штамповочные молоты Массей	265
3. Детали паро-воздушных молотов	267
Штоки	267
Поршни	272
Поршневые кольца	274
Бабы молотов и крепление их со штоками	278
Расчет штока	284
Цилиндры	289
Станины	296
Парораспределительные механизмы	305
Шаботы	315
Глава VI. Фундаменты под молоты	335
1. Основные положения	335
Метод проф. Гавриленко	335
Метод проф. Дмоховского	335
Метод инж. Линденау	336
Метод инж. Рауша	337
Метод фирмы Эумуко	338
Метод Научно-исслед. института оснований и сооружений (ВИОС)	338
2. Определение давления фундамента на грунт	339
Метод проф. Гавриленко	339
Метод проф. Дмоховского	340
Метод инж. Рауша	340
Метод Рауша с поправкой проф. Павлюка	342
Метод фирмы Эумуко	343
Метод Лера	344
3. Конструкции фундаментов	347
4. Расчет фундаментов под молоты	350
Расчет фундаментного массива	351
Проверка давления на грунт под подошвой фундамента	355
Проверка на резонанс	355
Напряжения в подшаботной части фундамента	355
Глава VII. Смазка паро-воздушных молотов	358
Глава VIII. Тепловые потери в молотовых установках и к. п. д.	360
1. Установки паровых молотов	360
Потери тепла лучеиспусканием и конвекцией	361
Теплопроводность	361
Потери давления пара	362
2. Установки воздушных молотов	367
Глава IX. Испытание паро-воздушных молотов	370
1. Цель и задачи испытания	370
2. Порядок испытания	372
3. Снятие индикаторных диаграмм	373
4. Определение скорости бабы, энергии удара и расхода пара	374
5. Пример испытания парового штамповочного молота Ири 5000 англ. фун.	375
Определение основных параметров молота	375
Определение кинемат. зависимости перемещения золотника от хода бабы	377
Определение перемещения золотника от педали и поворота дросселя в зависимости от перемещения рукоятки контроллера и педали	378
Снятие индикаторных диаграмм	379
Определение энергии и скорости бабы в момент удара	382
Определение расхода пара по индикаторным диаграммам	382
Анализ результатов испытания	384
Разработка инструкции по наладке молота	388
Инструкция по наладке паро-воздушных штамповочных молотов Ири	388
Глава X. Контрольно-измерительные приборы	394
1. Индикатор	394
2. Ходограф	398
3. Способы определения расхода пара	399
Определение расхода пара посредством взвешивания конденсата	400
Определение расхода пара с помощью диафрагм. Основные уравнения	401
4. Диафрагма и сопло	404
Литература	409
Предметный указатель	411

ПРЕДИСЛОВИЕ

В первой части курса „Расчет и конструкции кузнечных машин“ приведены расчеты, описание конструкций, отдельных деталей и фундаментов паро-воздушных молотов, а также методы их испытания. Необходимо отметить, что решение вопросов, касающихся расчета и конструирования паро-воздушных молотов, в настоящее время наталкивается на ряд существенных затруднений. Эти затруднения возникают вследствие того, что применяемые для расчета молотов так называемые теоретические индикаторные диаграммы не обеспечивают правильного решения, ввиду расхождения их с действительными рабочими процессами пара и воздуха, протекающими в цилиндрах молотов при работе. Кроме того, систематизированный экспериментальный материал по испытанию и эксплуатации молотов по объему и качеству еще не достаточен для того, чтобы из него можно было вывести руководящие указания для конструирования молотов. Учитывая это, автор сделал попытку внести коррективы в расчет молотов, опирающийся на теоретические индикаторные диаграммы, в смысле их уточнения и приближения к реальным условиям. Эти коррективы внесены на основании теоретических соображений, экспериментальных работ по испытанию паро-воздушных молотов, проведенных на заводах под руководством автора сотрудниками кузнечных лабораторий ЦНИИТМАШ и МММИ им. Баумана, а также диссертационной работы по исследованию воздушного штамповочного молота канд. техн. наук инж. Щеглова В. Ф.

В заключение считаю своим долгом выразить глубокую благодарность проф. доктору Марковичу Я. Н. и проф. Залесскому В. И. за просмотр рукописи, внесенные исправления и ценные указания.

ВВЕДЕНИЕ

При изучении кузнечных машин-орудий, ввиду большого их разнообразия, необходимо предварительно произвести принципиальное деление их на отдельные группы на основе общих признаков. Такое деление позволит рассмотреть и изучить сначала общие для данной группы машин признаки, а после этого приступить к изучению частных вопросов, которые относятся к отдельным типам и конструкциям машин, включенных в данную группу. Деление может быть произведено на основе различных признаков: кинематических, динамических, технологических, конструктивных, поэтому в результате можно получить самые разнообразные группировки.

Примем в основу классификации кузнечных машин кинематические и динамические признаки рабочего хода этих машин, т. е. хода, в течение которого производится деформирование поковки. Рабочий ход начинается с момента соприкосновения бойка, штампа, пуансона с поковкой и заканчивается после прекращения деформации поковки.

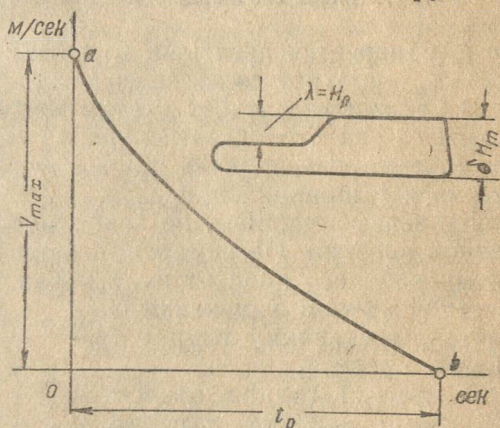
На основе кинематических и динамических признаков все кузнечные машины можно разбить на четыре самостоятельные группы. К первой группе относятся такие машины, которые производят работу деформации поковки за счет энергии, накопленной рабочими частями машины к моменту соприкосновения бойка с поковкой.

Если рабочий ход таких машин представить графически, откладывая по оси ординат скорости в течение рабочего хода, а по оси абсцисс — время этого хода, то получится кривая ab (фиг. 1).

На фиг. 1 $v_{\max}$ — скорость бойка в момент его соприкосновения с поковкой, t_p — время рабочего хода, в течение которого поковка получает усадку λ , равную величине рабочего хода H_p . Из фигуры видно, что в конце хода скорость бойка равняется нулю (точка b). Кривая ab не является жесткой и может принимать различный вид в зависимости от температуры, формы поковки и других факторов.

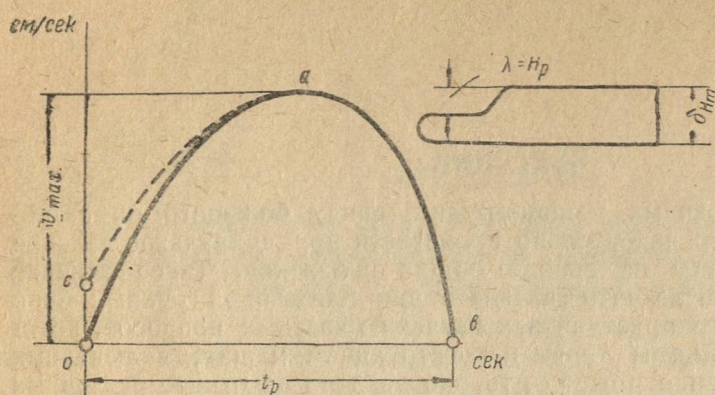
Кузнечные машины, кинематические и динамические признаки рабочего хода которых состоят в том, что поковка деформируется за счет заранее накопленной энергии при начальной скорости бойка и нежесткой кривой спада этой скорости в течение рабочего хода, — составляют группу кузнечных молотов.

Ввиду того что величина скорости $v_{\max}$ достигает нескольких метров в секунду, время же t_p исчисляется сотыми и тысячными долями секунды, кузнечные молоты можно отнести к группе кузнечных машин, работающих ударом.



Фиг. 1. Кривая скоростей бабы молота при рабочем ходе.

Ко второй группе кузнечных машин относятся такие машины, рабочие части которых не накапливают энергии и скорости к моменту соприкосновения бойка (штампа, пуансона) с поковкой. Такие машины работают не ударом, а давлением, причем во время рабочего хода кривая скорости бойка (штампа, пуансона) также не является жесткой и может изменяться при разных условиях в самых широких пределах. Выразив рабочий ход таких машин графически, получим кривую oab (фиг. 2).



Фиг. 2. Кривая скоростей бойка прессы при рабочем ходе.

же t_p измеряется десятными и сотыми долями секунды. Таким образом скорость v_{max} получается меньшей, чем у молотов, а время t_p , наоборот, большим.

В некоторых случаях у этих машин допускается начальная скорость (точка c), так что кривая скорости cab не проходит через начало координат (пунктирная кривая), причем величина начальной скорости может колебаться в широких пределах.

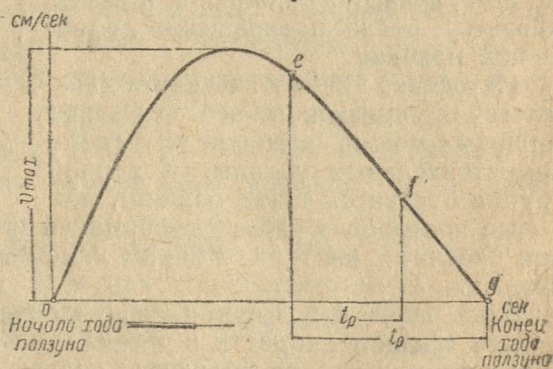
Кузнечные машины, не накапливающие к началу деформации определенной энергии (за немногими исключениями), изменяющие скорость во время рабочего хода от нуля через максимум и до нуля и не имеющие жесткой кривой изменения скорости, составляют группу кузнечных прессов.

К третьей группе относятся кузнечные машины, которые к моменту соприкосновения бойка (штампа, пуансона) с поковкой накапливают скорость, причем эта скорость за время рабочего хода изменяется по жесткой кривой, не зависящей от характера поковки и зависящей только от кинематических особенностей машин.

Графическое изображение рабочего хода таких машин дано на фиг. 3; v_{max} — максимальная скорость бойка (штампа, пуансона); t_p — время рабочего хода. Кривая скорости бойка $oefg$ и части кривой — ef , соответствующая рабочему ходу, оканчивающемуся ранее конца хода ползуна, и eg , соответствующая рабочему ходу, оканчивающемуся в конце хода ползуна, — в данном случае являются жесткими, в отличие от кривых для молотов и прессов. Кривая $oefg$ может иметь различный вид, но должна быть обязательно жесткой.

Кузнечные машины, обладающие указанными признаками, составляют группу приводных, кривошипных машин.

К четвертой группе относятся машины, у которых скорость рабочего хода сохраняется постоянной. Такие машины называются приводными ротационными машинами.



Фиг. 3. Кривая скоростей ползуна приводной, кривошипной машины при рабочем ходе.

К числу их относятся ковочные вальцы, роликовые машины и др. Приведенное деление показывает, что все кузнечные машины по кинематическим и динамическим признакам рабочего хода могут быть разделены на четыре группы: молоты, прессы, приводные, кривошипные машины и приводные ротационные машины (фиг. 4).

Дальнейшее подразделение установленных основных групп кузнечных машин (молоты, прессы, приводные, кривошипные и приводные ротационные машины) на несколько самостоятельных подгрупп можно произвести также на основе ряда признаков.

Группу молотов можно разбить на отдельные подгруппы по типовым, технологическим и конструктивным признакам.

По типовым признакам молоты делятся на пять групп: 1) паро-воздушные, 2) приводные пневматические, 3) приводные механические, 4) гидравлические, 5) газовые.

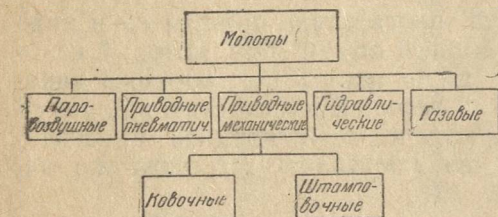
В свою очередь, каждая из этих подгрупп разделяется на более мелкие подгруппы по технологическим признакам (фиг. 5). Таких типовых подгрупп можно установить две:

- 1) молоты ковочные,
- 2) молоты штамповочные.

Дальнейшее деление указанных подгрупп производится по конструктивным признакам. Так, например, в подгруппе паро-воздушных молотов имеются молоты с одним рабочим цилиндром, с двумя рабочими цилиндрами, с подвижным шаботом, с золотниками различных конструкций и пр.

Прежде чем приступить к изучению кузнечных машин, входящих в указанные группы, необходимо установить, какие факторы при этом изучении надо считать основными. Для этого следует рассмотреть требования, которые предъявляются к кузнечным машинам со стороны кузнечного производства.

Молоты, прессы, приводные кривошипные и приводные ротационные машины предназначены для выполнения разнообразных ковочных и штамповочных работ. Так как все кузнечные машины обслуживаются рабочими, естественно, что они должны быть надежными, удобными для обслуживания и, по возможности, простыми в управлении. Отсюда вытекает, что эксплуатационные качества машины должны считаться основными, и поэтому при изучении кузнечных машин на них должно быть обращено серьезное внимание.



Фиг. 5. Классификация молотов.

Кузнечные машины-орудия должны удовлетворять еще одному, не менее важному требованию, а именно: при работе на них расход энергии должен быть минимальным, а производительность высокой.

По общей установленной мощности кузнечно-прессовое оборудование для горячих и холодных работ представляет собой очень крупную единицу в энергетическом балансе нашей промышленности. Поэтому при конструировании кузнечных машин нельзя ограничиваться только соображениями удобства обслуживания и надежности работы машин, но необходимо принимать во внимание также и энергетические показатели машин, к которым в первую очередь надо отнести удельный расход энергии, затрачиваемой машиной на 1 кгм произведенной ею полезной работы.

По общей установленной мощности кузнечно-прессовое оборудование для горячих и холодных работ представляет собой очень крупную единицу в энергетическом балансе нашей промышленности. Поэтому при конструировании кузнечных машин нельзя ограничиваться только соображениями удобства обслуживания и надежности работы машин, но необходимо принимать во внимание также и энергетические показатели машин, к которым в первую очередь надо отнести удельный расход энергии, затрачиваемой машиной на 1 кгм произведенной ею полезной работы.