

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ И РАЗМЕРНАЯ ГРАДАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Канд. техн. наук И. И. ПАВЛЕНКО, д-р техн. наук, проф. Н. И. КАМЫШНЫЙ
(МВТУ им. Н. Э. Баумана — Кировоградский институт
сельскохозяйственного машиностроения)

Градация промышленных роботов по грузоподъемности, точности позиционирования и величине перемещения подвижных звеньев установлена на основе обеспечения соответствия ее параметрам обслуживаемого оборудования и объектов с которыми оперируют роботы с учетом существующих рекомендаций по выбору параметрических и размерных рядов. Предложенные обоснования и градация могут быть использованы при разработке стандартов на соответствующие параметры промышленных роботов.

Интенсивный рост выпуска промышленных роботов требует установления обоснованной их градации по грузоподъемности, точности позиционирования и величине перемещения подвижных звеньев [1—3]. При определении этой градации необходимо стремиться к обеспечению наиболее полного соответствия параметрам обслуживаемого оборудования и объектов, с которыми оперируют роботы.

Анализ условий эксплуатации роботов показывает, что в основном они применяются при выполнении загрузочно-разгрузочных, транспортно-складских, сборочных и других операций, где объектами перемещения являются разнообразные штучные детали. Для определения типов и размеров деталей, с которыми наиболее часто возможна работа роботов, использованы материалы классификатора деталей общемашиностроительного применения [4]. Приведенная в классификаторе условная суммарная годовая потребность различных деталей показывает, что к деталям наиболее частого общемашиностроительного применения относятся детали тел вращения. При этом детали с длиной до 500 мм составляют 93% общего их количества, а 97% деталей имеют диаметр меньше 250 мм. Помимо этого детали вращения являются наиболее приспособленными к автоматической обработке, транспортировке, сборке и т. д. Поэтому большинство автоматически действующего оборудования и промышленных роботов используется для работы с такими деталями. В свою очередь детали вращения по величине допусков делятся на размерные группы. Такое деление уменьшает номенклатуру изделий и типоразмеров материалов, заготовок, инструмента, оснастки, оборудования и т. п. Анализ интервалов диаметров по системе ИСО и отечественным ГОСТам и ОСТАм показывает, что основная часть их близко совпадает с рядом предпочтительных чисел R10 с знаменателем $\phi = 1,25$. Аналогичным образом построен размерный ряд токарных и других станков по диаметру обрабатываемых деталей (ГОСТ 8032-56). Расхождение между рядом R10 и диаметрами деталей обрабатываемых на станках, а также интервалами диаметров деталей по величине допусков характерно только для небольших диаметров, вес которых незначителен, что не существенно влияет на выбор ряда роботов по грузоподъемности

Совпадение основных интервалов диаметров деталей по допускам с предельными диаметрами деталей, обрабатываемых на технологическом оборудовании указывает, что ряд R10 следует принять за основной при установлении максимальных диаметров деталей, захватываемых рукой робота. Вес этих деталей зависит от их диаметра d и длины l

$$\dot{P} = \gamma \frac{\pi d^2}{4} l.$$

Изменение диаметров деталей по ряду R10 (при постоянной длине) ведет к изменению их веса по ряду R5 с знаменателем 1,6. Длина деталей вращения по ГОСТ 6636-69 (нормальные линейные размеры) предпочтительно должна выбираться по ряду R5. Следовательно, увеличение или уменьшение этих размеров по рекомендуемой ГОСТом зависимости изменяет их вес по тому же ряду R5. Аналогичное условие будет выполнено и при работе роботов с прямоугольными деталями.

Таким образом, параметрическая градация роботов по грузоподъемности должна представлять геометрическую прогрессию с знаменателем 1,6; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000 кг.

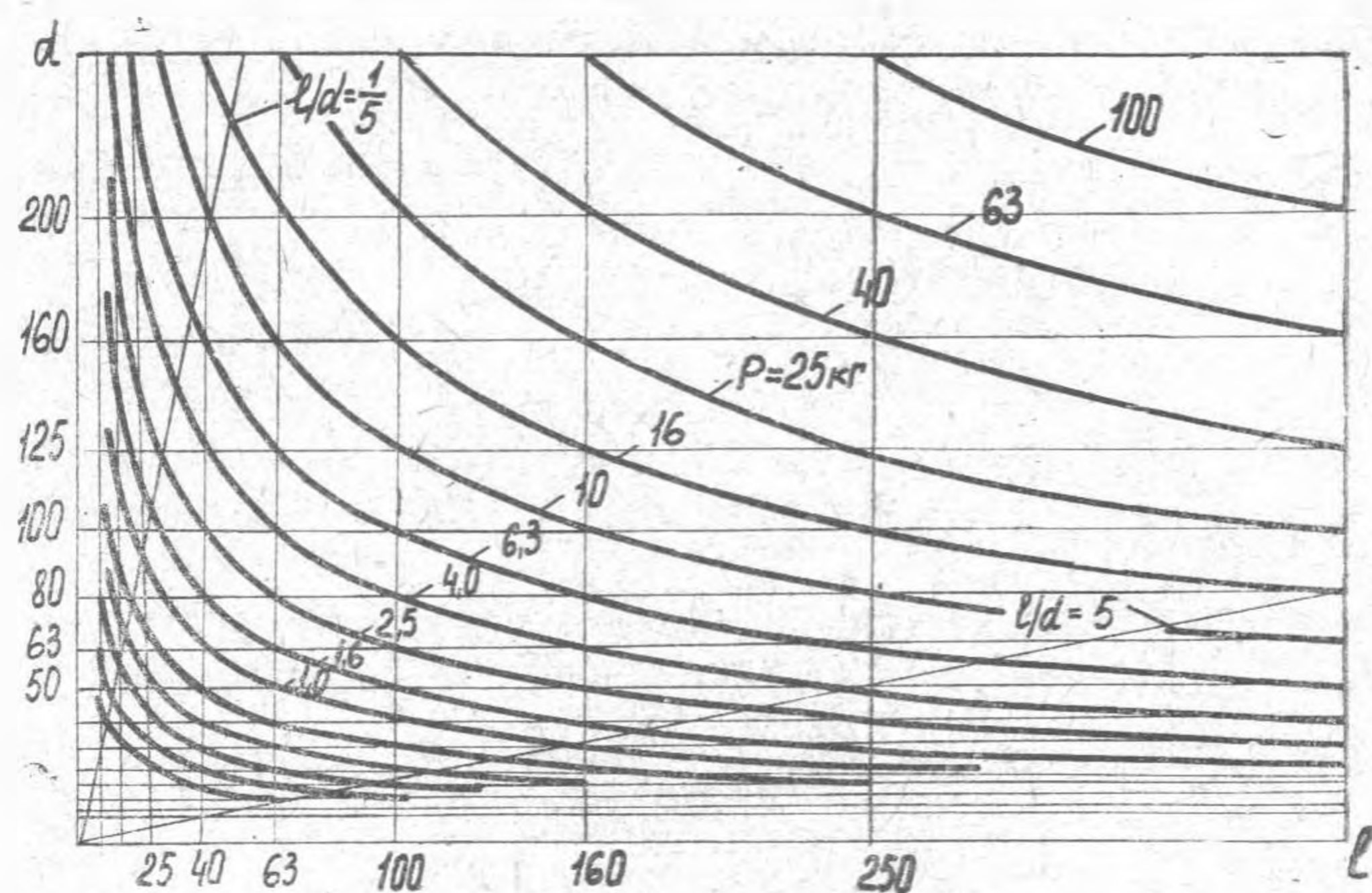


Рис. 1

Графическое изображение предложенного ряда, приведено на рис. 1. Площади, заключенные между линиями грузоподъемности, определяют величину диапазона размеров деталей, с которыми возможна работа роботов. Для учета более реальных областей использования роботов введено ограничение отношения длины деталей к их диаметру

$$\frac{1}{5} \leq \frac{l}{d} \leq 5,$$

что подтверждается данными отмеченного классификатора. Наряду с этим, детали с малыми размерами имеют большую годовую потребность, поэтому роботы с меньшей грузоподъемностью должны охватывать меньший диапазон размеров деталей, т. е. меньшую площадь в координатах $l-d$.

Общее классификационное разделение роботов по величине грузоподъемности можно представить следующим образом: микророботы — до 0,1 кг; минироботы — от 0,1 до 1 кг; легкие роботы — от 1 до 10 кг; средние роботы — от 10 до 100 кг; тяжелые роботы — от 100 до 1000 кг; сверхтяжелые роботы — свыше 1000 кг.

Второй важной технической характеристикой роботов является точность позиционирования, под которой понимают максимальную погрешность перемещения схвата руки робота. Для большинства грузозачных, сборочных и им подобных операций, допустимая погрешность перемещения определяется в соответствии с величиной допусков на размеры сопрягаемых поверхностей в зависимости от классов точности, номинальных размеров и посадок. При переходе от одного класса точности к другому, величина допуска изменяется по геометрической прогрессии с знаменателем 1,6 [5]. Следовательно, основной размерный ряд роботов по точности позиционирования необходимо строить по этой прогрессии, что будет соответствовать ряду R5.

Изменение номинального размера деталей одного и того же класса точности ведет к изменению допуска пропорционально $\sqrt[3]{d}$. Если интервалы диаметров деталей изменяются близко к ряду R10, то допуски будут изменяться близко к ряду R40. Таким образом, переход роботов от одной грузоподъемности к другой, требует изменения их точности позиционирования в 1,06 раза. Несущественность такого изменения точности позиционирования и большая дискретность получаемого ряда, требуют объединения роботов по величине грузоподъемности в группы с одинаковой точностью позиционирования. При включении в группу по пять ступеней грузоподъемности (0,1—0,63; 1—6,3 кг;...) точность позиционирования этих групп будет отличаться примерно в 1,25 раз. Кроме того, каждый робот с соответствующей ему грузоподъемностью P , охватывает определенное количество интервалов диаметров (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1

| P , кг | 1 | | | | | | 1,6 | | | | | |
|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | d , мм | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |
| l , мм | 160 | 100 | 63 | 40 | 25 | 16 | 160 | 100 | 63 | 40 | 25 | 16 |
| δ | 1,0 | 1,06 | 1,12 | 1,18 | 1,25 | 1,32 | 1,06 | 1,12 | 1,18 | 1,25 | 1,32 | 1,4 |

Если точность позиционирования робота будет принята по первому интервалу минимальных диаметров $\delta = 1$, то при его работе с деталями максимального диаметра, эта точность будет завышена в 1,25—1,32 раза. Максимальное завышение точности позиционирования на группе в пять роботов составит порядка 1,6 раза. Поэтому, для более дифференцированного выбора потребной точности позиционирования роботов с учетом их грузоподъемности, характера возможных посадок сопрягаемых поверхностей и др. условий, целесообразно ввести дополнительный ряд точности позиционирования R 10: основной—0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; дополнительный—0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1.

Для оценки точности позиционирования роботов различной грузоподъемности их необходимо разделить на группы (нормальная — Н, повышенная — П, высокая — В, особо высокая — А) и классы точности. Каждая группа, в соответствии с принятыми рядами, будет включать десять классов точности: Н1...Н10; П1...П10; В1...В10; А1...А10. При этом численные значения ступеней ряда последующей группы в десять раз отличаются от аналогичных ступеней предыдущей группы. Отсчет основного и дополнительного рядов точности позиционирования взят для робота с грузоподъемностью в 1 кг. Для других групп грузоподъемностей роботов того же класса точности величина позиционирования последовательно изменяется в 1,25 раза.

Установленные на этой основе значения точности позиционирования роботов в зависимости от их грузоподъемности и классов точности приведены в табл. 2. Величина позиционирования подробно указана по каждому классу только для роботов повышенной точности.

Таблица 2

| Группа точности | Класс точности | Грузоподъемность, кг | | |
|-----------------|----------------|----------------------|-------------|--------------|
| | | 0,1—0,63 | 1—6,3 | 10—63 |
| особо высокая | A1—A10 | 0,0008—0,0063 | 0,001—0,008 | 0,00125—0,01 |
| высокая | B1—B10 | 0,008—0,63 | 0,01—0,08 | 0,0125—0,1 |
| повышенная | П1 | 0,08 | 0,1 | 0,125 |
| | П2 | 0,1 | 0,125 | 0,16 |
| | П3 | 0,125 | 0,16 | 0,2 |
| | П4 | 0,16 | 0,2 | 0,25 |
| | П5 | 0,2 | 0,25 | 0,32 |
| | П6 | 0,25 | 0,32 | 0,4 |
| | П7 | 0,32 | 0,4 | 0,5 |
| | П8 | 0,4 | 0,5 | 0,63 |
| | П9 | 0,5 | 0,63 | 0,8 |
| | П10 | 0,63 | 0,8 | 1 |
| нормальная | H1—H10 | 0,8—6,3 | 1—8 | 1,25—10 |

Величина перемещения подвижных звеньев робота в основном зависит от его функционального значения и организации «рабочего» места. Невозможность установления обоснованной закономерности между взаимным расположением робота и обслуживаемого им оборудования, а также универсальность назначения роботов указывают, что величину перемещения подвижных звеньев, как линейный размер, следует выбирать по ГОСТ 6636-69. На основе имеющегося в этом ГОСТе принципа предпочтительности величину перемещения звеньев робота необходимо выбирать по основному ряду R5 и дополнительному R10: R5—10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; R10—10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 400; 630; 1000; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000.

В целом предложенная градация устанавливает соответствие между техническими характеристиками промышленных роботов и обслуживаемого оборудования с учетом интервалов основных размерных групп деталей, что обеспечивает более полное использование их функциональных возможностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камышный Н. И., Автоматизация загрузки станков, изд-во «Машиностроение», М., 1977.
2. Козырев Ю. Г., Тарасевич И. В., Предложение по типизации парка промышленных роботов в отрасли. Оборудование с числовым программным управлением, № 4, НИИМАШ, М., 1976.
3. Сурнин Б. Н., и др. Промышленные роботы. Структура, типы и характеристики, «Машиноведение», 1973, № 6.
4. Детали общемашиностроительного применения. Номенклатура, потребность, очередность разработки типовых комплексных технологических процессов, ОМТРМ 0606-001-64, М.
5. Якушев А. И., Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения, изд-во «Машиностроение», М., 1974.

Статья поступила 21 марта 1978 г.