

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ, ЗАГРУЗКИ И СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ

Методические указания
к практическим занятиям 1 – 6 по дисциплине
"Основы автоматизации производства"
для студентов дневной и заочной форм
обучения специальности 7.0909 01
"Автоматизированные приборные системы"

Севастополь
2008

УДК 621.86.067.

Устройства автоматического транспортирования, загрузки и сборки деталей: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Основы автоматизации производства" /Разраб. А.П. Васютенко, Ю.А. Хащин, В.Я. Копп, В.В. Поливцев, А.И. Балакин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – 68 с.

Целью методических указаний является изучение студентами схем, принципа действия и методов расчёта лотков-скатов, лотков-склизов, карманчиковых, крючковых и трубчатых бункеров, условий сборки резьбовых деталей.

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 7.0909.01 - "Автоматизированные приборные системы".

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры "Автоматизированные приборные системы" (протокол № 6 от 13 марта 2008г.).

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Л.А. Глеч, канд. техн. наук, доцент кафедры "Автоматизированные приборные системы".

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Практическое занятие №1. «Расчёт параметров лотков-скатов».....	5
2. Практическое занятие №2. «Расчёт лотков-склизмов коробчатого и углового типов».....	16
3. Практическое занятие №3. «Расчёт карманчикового бункера».....	24
4. Практическое занятие №4. «Расчёт крючкового бункера».....	37
5. Практическое занятие №5. «Расчёт трубчатых бункеров».....	46
6. Практическое занятие №6. «Сопряжение резьбовых деталей в условиях автоматической сборки».....	56
Библиографический список.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов является основным направлением технического процесса.

Автоматизация позволяет повысить производительность технологического оборудования. Создание управляющих машин позволяет перейти от автоматизации отдельных станков и агрегатов к комплексной автоматизации конвейеров, цехов, целых предприятий. Целесообразность применения автоматических механизмов определяется прежде всего экономической эффективностью, а также другими факторами: облегчением труда, безопасностью работы и т. п.

Современное автоматическое производство характерно тем, что в технологический процесс изготовления изделий включаются самые разнообразные по своему характеру технологические операции. Например, в автоматической линии могут выполняться следующие операции: обработка резанием, измерение, термическая обработка, очистка, обезжиривание, сборка, завальцовка, пайка, покрытие, упаковка и др. Естественно, что для разработки таких технологических процессов, включающих большую разновидность технологических операций требуется широкая эрудиция, знание методов и средств автоматизации не только в машиностроении, но и в других отраслях промышленности.

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ЛОТКОВ-СКАТОВ

1. Цель занятия

Изучение схем и методов расчёта лотков-скатов коробчатого и роликового типов.

2. Теоретические положения

В автоматических загрузочных и межоперационных транспортных устройствах широкое применение нашли лотки-скаты, перемещение деталей в которых происходит под действием силы веса. Сечение лотка зависит от формы детали и способа её ориентирования в лотке. На рисунке 1 показаны лотки-скаты наиболее распространённых типов. В первую группу входят лотки-скаты коробчатого сечения для дисковых (рисунок 1а) и стержневых (рисунок 1б) деталей. Закрытые лотки характеризуются наличием верхних закраин; открытые этих закраин не имеют. Закрытые лотки применяют для транспортирования по вертикали и по наклонной под углом свыше 10° , а также при большой длине маршрута, когда есть опасность выпучивания деталей вверх. Лотки закрытого типа иногда выполняют в виде змеек, что позволяет замедлить скорость движения деталей и частично разгружают нижнюю деталь от давления верхних (рисунок 1в).

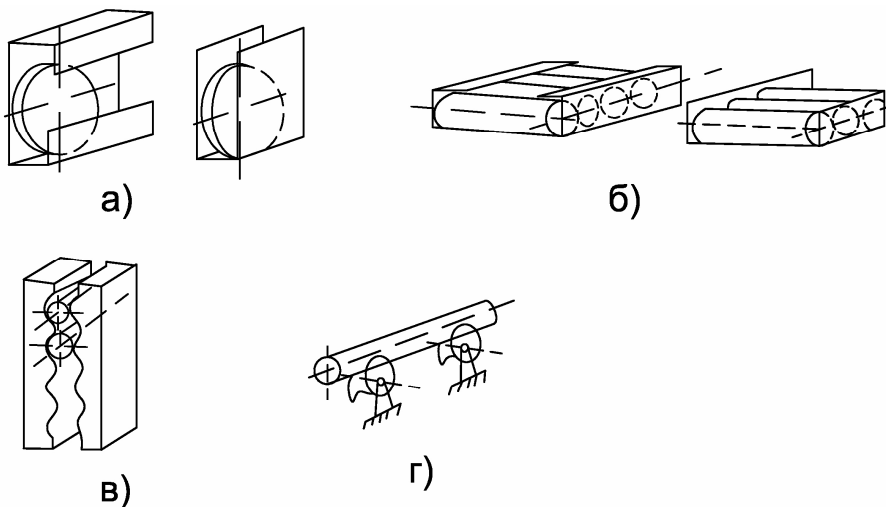


Рисунок 1 – Схемы лотков-скатов

Для перемещения стержневых деталей по роликовому лотку (рисунок 1г) вдоль собственной оси требуется значительно меньший угол наклона, чем в аналогичных лотках-склизах, что позволяет ограничить место, занимаемое лотком по высоте, и облегчить обслуживание устройства.

3. Расчёт размеров лотков-скатов

При конструировании лотков-скатов коробчатого типа следует выбрать значения размеров поперечного сечения лотка, угол его наклона и высоту бортов.

Для определения размеров поперечного сечения рассмотрим условия движения детали в лотке. Возьмём деталь диаметром D и длиной L , помещённую в лоток шириной B с некоторым зазором A (рисунок 2а). Высота бортов H равна или несколько больше радиуса детали. За счёт зазора деталь имеет возможность повернуться в лотке на угол α , заняв положение, указанное пунктиром.

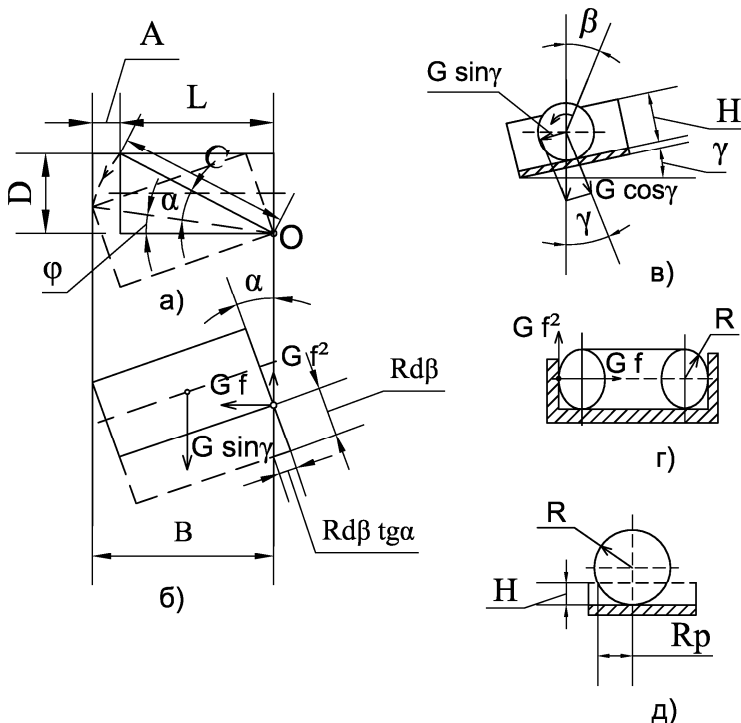


Рисунок 2 – Движение детали в корытовом лотке и схема сил

Этот угол поворота очевидно будет увеличиваться с увеличением зазора A до тех пор, пока не наступит такое положение, при котором деталь заклинит, или потеряет ориентацию. То и другое может произойти, если диагональ C детали будет близка к ширине лотка или несколько меньше её.

При больших отношениях L/D , когда разность между диагональю C и длиной L невелика, надёжная ориентация детали между бортами лотка невозможна. Практически можно считать, что для деталей с отношением $L/D > 3$ надёжная

транспортировка в лотках-скатах не может быть достигнута. Значение угла φ зависит от величины зазора A . Зазор A следует выбирать таким, чтобы при повороте детали вокруг точки O до контакта с противоположной стенкой диагональ C образовала с горизонталью угол φ , который был бы несколько больше угла трения ρ . Очевидно, если $tg\varphi = tg\rho = f$, то заклинивание детали будет иметь место.

По рисунку 2 можно записать

$$\cos \varphi = \frac{A + L}{C},$$

откуда

$$A = C \cos \varphi - L,$$

или

$$A = \left(\sqrt{D^2 + L^2} \right) \cos \varphi - L.$$

Выражая $\cos \varphi$ через $tg \varphi$, получим

$$A \leq \frac{\sqrt{D^2 + L^2}}{\sqrt{1 + f^2}} - L, \text{ мм.} \quad (1)$$

При конструировании лотка наибольший зазор следует определять, учитывая величины допусков на длину TL и ширину TB детали, т.е. в формулу (1) необходимо подставлять наименьшие допускаемые значения $D_{\min}$ и $L_{\min}$ и наибольшее допускаемое значение $B_{\max}$. Допуски размеров детали TD и TL

определяться по её рабочему чертежу, а допуск ширины лотка задаёт конструктор (8, 9 квалитет).

При выборе коэффициента трения f необходимо руководствоваться обычными данными ($f = 0,1 \div 0,2$ - коэффициент трения скольжения; $f_k = 0,02 \div 0,05$ - коэффициент трения качения), увеличивая их в $1,5 \div 2$ раза.

Выбор угла наклона лотка γ можно произвести, рассмотрев условия качения перекошенной детали в лотке, когда она соприкасается с бортами лотка. Это наиболее характерный случай. В этом случае движению детали будет препятствовать сопротивление трения качения (которым пренебрегаем ввиду малости), сопротивление от трения детали о борт и сопротивление от поперечного скольжения, возникающего вследствие перекоса детали в лотке.

При повороте детали на угол $d\beta$ величина линейного пути составит $R d\beta$, а работа сопротивления от поперечного скольжения будет равна силе Gf (где G – сила веса детали), умноженной на путь $R d\beta \operatorname{tg} \alpha$ (рисунок 2, б), т.е. $Gf R d\beta \operatorname{tg} \alpha$, где $\operatorname{tg} \alpha = \frac{A}{2R}$.

В точке касания детали с бортом возникает сила трения Gf^2 (рисунок 2, в, г), которая при повороте на угол $d\beta$ выполнит работу $Gf^2 R d\beta$. При наклоне лотка на угол γ к горизонту движущей силой является составляющая силы веса $G \sin \gamma$, работа которой на перемещении $R d\beta$ равна сумме работ всех сил сопротивлений, т.е.

$$G \sin \gamma R d\beta \geq Gf R d\beta \operatorname{tg} \alpha + Gf^2 R d\beta,$$

$$\text{откуда} \quad \sin \gamma \geq f \operatorname{tg} \alpha + f^2. \quad (2)$$

Угол γ определится из выражения (2)

$$\gamma \geq \arcsin (f \cdot \operatorname{tg} \alpha + f^2). \quad (3)$$

Если высота борта лотка H меньше радиуса детали R (рисунок 2, д), то должен быть пересчитан угол перекося α , который определяется при той же длине детали для уменьшенного расчётного радиуса детали R_p , равного

$$R_p = \sqrt{R^2 - (R - H)^2},$$

или

$$R_p = \sqrt{H(2R - H)}. \quad (4)$$

Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{A}{2R_p}. \quad (5)$$

4. Расчёт роликовых лотков

При конструировании роликовых лотков необходимо установить размеры роликов и осей, шаг между ними, а также угол наклона лотка к горизонту.

Движущей силой на роликовом лотке является проекция силы веса детали (рисунок 3) на направление движения $G \sin \alpha$. Сопротивление движению возникает от трения качения детали по ролику под действием нормальной составляющей силы веса,

равной $\frac{2G f_K}{D_P} \cos \gamma$, где f_K – коэффициент трения качения.

Кроме того, сопротивление движению возникает от трения скольжения ролика на оси под действием нормальной составляющей силы веса детали $G \cos \gamma$ и силы веса роликов $z G_0$, где z – количество роликов, на которых лежит деталь.

Величина силы трения на поверхности цапфы будет равна

$$f G \cos \gamma + f z G_0 ,$$

а на поверхности ролика

$$(G \cos \gamma + z G_0) \frac{f d}{D_P} ,$$

где D_P – диаметр ролика, мм;

d – диаметр оси ролика, мм;

z – число роликов ($z_{\min} = 3$).

$G = mg$ – сила веса детали; Н;

$G_0 = m_0 g$ – сила веса ролика; Н.

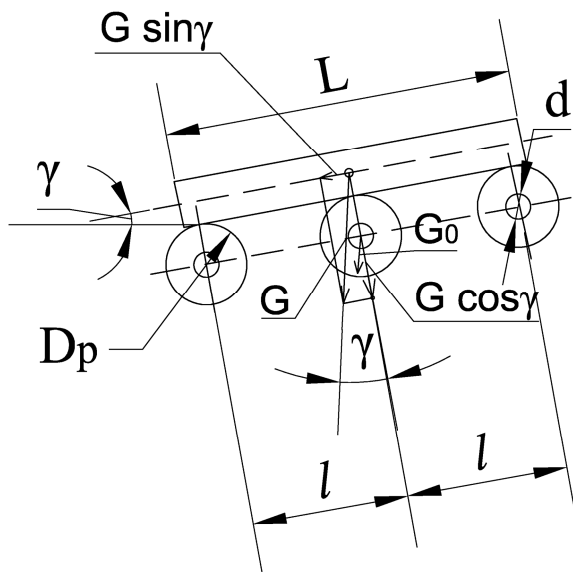


Рисунок 3 – Схема сил, действующих на деталь при движении в роликовом лотке

Условия равновесия детали на роликовом лотке выразятся уравнением

$$G \sin \gamma = (G \cos \gamma + z G_0) \frac{d}{D_p} + \frac{2G f_k}{D_p} \cos \gamma .$$

Ввиду малой величины угла γ примем

$$\cos \gamma = 1 \text{ и } \sin \gamma = \operatorname{tg} \gamma$$

и получим наименьший допускаемый наклон роликового лотка

$$tg\gamma \geq \left(1 + z \frac{G_0}{G}\right) \frac{f d}{D_p} + \frac{2f_k}{D_p} \quad (6)$$

Наибольший допустимый наружный диаметр ролика зависит от длины транспортируемой детали, так как расстояние между роликами берётся таким, чтобы перемещаемая деталь большей частью своей длины опиралась на два ролика. Расстояние между роликами, диаметр оси и наружный диаметр ролика определяют исходя из длины детали

$$d = 0,15 \div 0,2 D_p, \text{ мм}; \quad l = 0,47L, \text{ мм}; \quad D_{p_{\max}} = 0,45L, \text{ мм}$$

5. Индивидуальные расчётные задания

Исходные данные для расчёта параметров лотков-скатов и роликовых лотков-скатов представлены в таблицах 1 и 2 и выбираются по последней цифре зачётной книжки.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта лотков-скатов

Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр D , мм	10	40	30	15	8	12	35	20	40	10
Длина L , мм	25	90	60	32	15	20	60	40	90	25
Квалитет D	6	7	6	6	7	8	9	6	7	8
Квалитет L	8	10	9	8	9	10	8	10	8	7

Таблица 2 – Исходные данные для расчёта роликовых лотков-скатов

Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина детали L , мм	300	150	50	70	200	150	300	280	80	100
Материал	С	Л	Л	С	С	С	Л	Л	С	С
Диаметр детали d_{∂} , мм	12	10	8	10	20	15	20	18	12	16

Удельный вес стали «С» $\rho_{СТ} = 7,8 \text{ г/см}^3$;

латуни «Л» $\rho_{Л} = 8,4 \text{ г/см}^3$.

6. Порядок выполнения расчётов

6.1. Изучить теоретические положения.

6.2. Определить предельные размеры детали ($D_{\min}$; $L_{\min}$) с учётом допуска на эти параметры.

6.3. По заданным исходным данным вычислить зазор A между деталью и стенкой лотка.

6.4. Рассчитать угол наклона лотка-ската (формула 3).

6.5. Привести эскиз лотка-ската коробчатого типа.

6.6. Рассчитать наименьший допускаемый наклон роликового лотка по формуле 6.

6.7. Рассчитать диаметр и шаг роликов по формуле 7.

6.8. Выполнить эскиз лотка-ската роликового типа.

7. Содержание отчёта

- 7.1. Цель занятия.
- 7.2. Основные теоретические положения.
- 7.3. Расчёт параметров лотка-ската коробчатого типа.
- 7.4. Эскиз лотка коробчатого типа.
- 7.5. Расчёт параметров роликового лотка.
- 7.6. Эскиз роликового лотка.

8. Контрольные вопросы

- 8.1. Типы лотков-скатов и область их применения.
- 8.2. Условие надёжного транспортирования детали по лотку-скату.
- 8.3. Из какого условия определяется зазор A .
- 8.4. Из какого условия рассчитывается угол наклона лотка коробчатого типа.
- 8.5. Пояснить схему сил, действующих на деталь при движении в роликовом лотке.
- 8.6. Как рассчитать угол наклона роликового лотка.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

РАСЧЁТ ЛОТКОВ-СКЛИЗОВ КОРОБЧАТОГО И УГЛОВОГО ТИПОВ

1. Цель занятия

Изучение схем и методов расчёта лотков-склизов коробчатого и углового типов.

2. Теоретические положения

Коробчатые лотки-склизы применяются для транспортирования деталей прямоугольной формы (рисунок 1, а). Деталь весом G , лежащая на наклонной плоскости лотка, находится под действием составляющей силы веса и противодействующей ей силы трения. Если угол наклона лотка превышает угол трения, деталь теоретически должна перемещаться поступательно, не изменяя своей ориентации. Практически же она смещается влево или вправо и перемещается неравномерно, контактируя при этом с бортами лотка. В точках контакта детали с бортами лотка возникают реакции N_1 и N_2 , которые вызывают силы трения T_1 и T_2 (рисунок 1, б). Угол наклона лотка к горизонтали должен значительно превышать угол трения. Практика показывает, что надёжно действуют устройства у которых лотки установлены под углом свыше 25° (в 1,5 – 2 раза выше табличных углов трения).

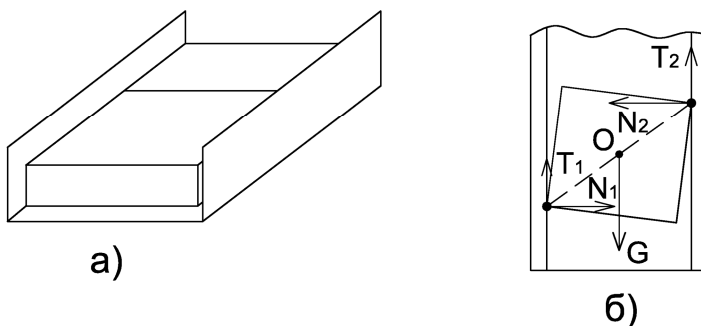


Рисунок 1 – Коробчатый лоток-склиз

V – образные лотки-склизы (угловые) применяют для транспортирования деталей вдоль оси и хорошо центрируют деталь в осевом направлении. Однако в них возникают повышенные сопротивления перемещению деталей вследствие наличия угла между боковыми стенками. Угловые лотки бывают цельные (рисунок 2, а) или составные из полос (рисунок 2, б). У последних угол между стенками может быть более значительным, они более компактны и могут применяться для транспортирования крупных и тяжёлых деталей.

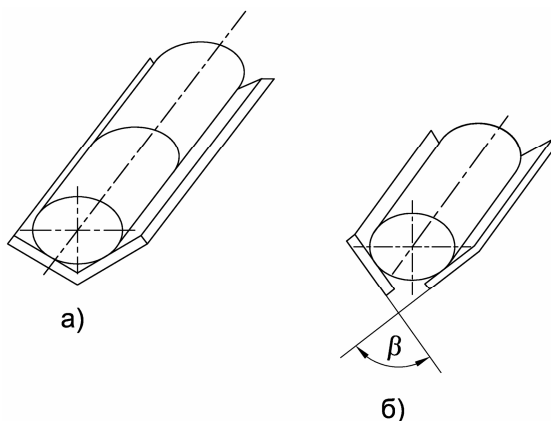


Рисунок 2 – V-образные (угловые) лотки-склизы

3. Определение радиуса закругления на криволинейных участках лотков

В криволинейных лотках следует правильно определить величину радиуса закругления.

Ширина лотка на криволинейном участке определяется из выражения (рисунок 3)

$$B = d + S + c, \quad (1)$$

где B – ширина лотка, мм; d – диаметр или ширина детали, мм; S – стрелка дуги закругления лотка, мм; c – зазор между деталью и внутренней боковой стенкой лотка, мм (берётся равным допуску на размер детали по 10–12 квалитетам).

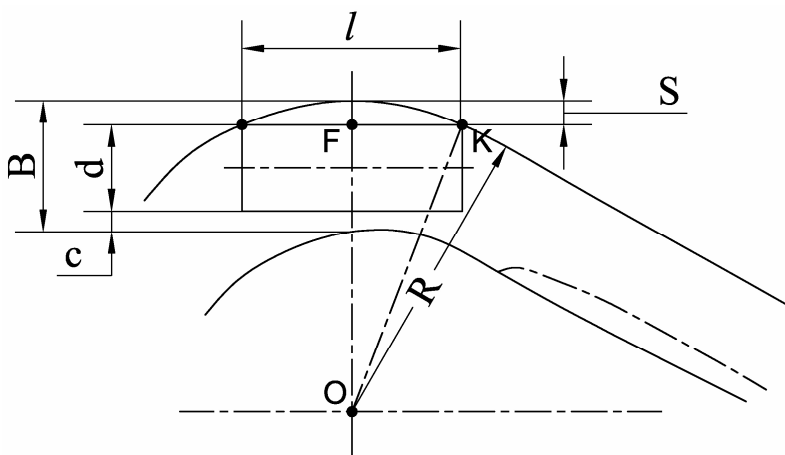


Рисунок 3 – Схема расчёта закруглений в лотках

Из треугольника OFK следует, что

$$R^2 = (R - S)^2 + \frac{l^2}{4},$$

откуда

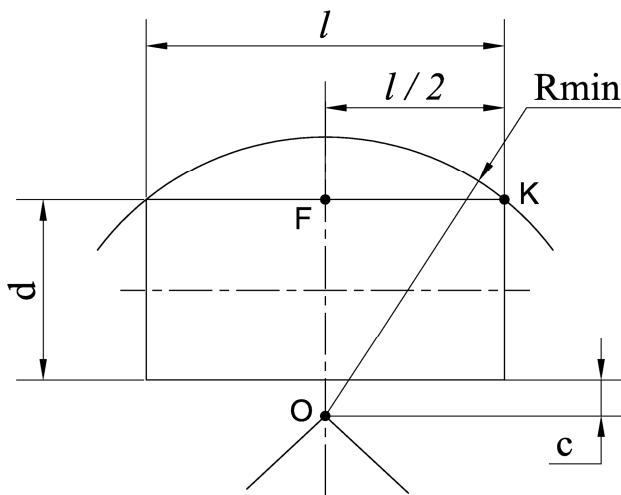
$$2RS = S^2 + \frac{l^2}{4}$$

или

$$R = \frac{S}{2} + \frac{l^2}{8S}, \quad (2)$$

где l – длина детали, мм; R – радиус закругления наружной боковой стенки лотка, мм.

Минимальный радиус кривизны наружной боковой стенки определится из условия, что его центр расположен ниже образующей детали на величину C , а радиус внутренней боковой стенки равен нулю (рисунок 4).

Рисунок 4 – Схема определения $R_{\min}$

Из треугольника OFK $R_{\min}$

$$R_{\min} = \sqrt{(d + c)^2 + \frac{l^2}{4}}. \quad (3)$$

Зазор прямолинейного участка лотка при той же ширине B будет больше зазора криволинейного на величину S . Так как такое увеличение ширины может вызвать заклинивание детали на прямолинейном участке, ширину последнего следует уменьшить, как это показано на рисунке 3 пунктиром.

4. Определение времени движения детали по наклонному лотку-склизу

Время движения определяется длиной лотка L , углом его наклона γ и конструкцией по формуле

$$t = k \sqrt{\frac{2L}{g(\sin \gamma - f \cos \gamma)}} , \quad (4)$$

где $k = 1,5 \div 2$ – коэффициент запаса;

f – коэффициент трения скольжения;

g – ускорение свободного падения, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

L – длина лотка, м.

Если деталь перемещается по V – образному лотку коэффициент трения, вычисляется по формуле

$$f' = \frac{f}{\sin \beta} , \quad (5)$$

где β – угол V – образного лотка (рисунок 2, б).

5. Индивидуальные расчётные задания

Исходные данные для расчёта параметров лотков-склизов представлены в таблице 1 и выбираются по последней цифре зачётной книжки.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта лотков-склизов

Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр детали d , мм	8	15	20	10	12	25	30	12	16	18
Длина детали l , мм	16	30	40	20	25	50	60	25	30	40
Длина лотка L , мм	180	300	360	220	280	500	600	300	400	500
Угол наклона лотка, град	25°									

6. Порядок выполнения расчётов

6.1. Изучить теоретические положения.

6.2. По заданным исходным данным вычислить минимальный радиус $R_{\min}$ кривизны наружной боковой стенки лотка (формула 3).

6.3. Рассчитать значения радиуса кривизны R при различных зазорах S по формуле 2.

6.4. Результаты расчёта занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта R .

Зазор S , мм	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0
Радиус R , мм							

6.5. Построить зависимость $R = f(S)$, отметить на ней $R_{\min}$ и определить R из условия $R = (2 \div 2,5)R_{\min}$ (рисунок 5).

6.6. Выполнить эскиз криволинейного участка лотка-склиза.

6.7. Рассчитать время движения детали по лотку (формула 4).

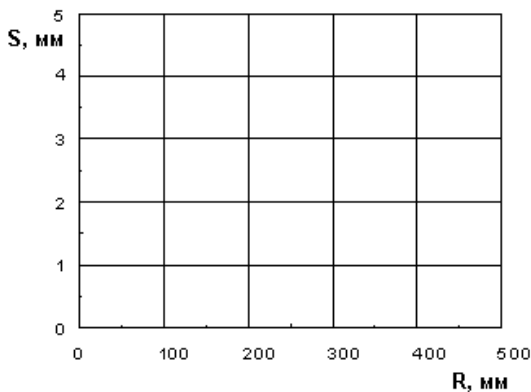


Рисунок 5 – Зависимость $R = f(S)$

7. Содержание отчёта

- 7.1. Цель занятия.
- 7.2. Основные теоретические положения.
- 7.3. Таблица расчёта радиуса кривизны.
- 7.4. График зависимости $R = f(S)$.
- 7.5. Расчёт времени движения детали.
- 7.6. Эскиз криволинейного участка лотка-склиза.

8. Контрольные вопросы

- 8.1. Схема сил, действующих при движении детали по лотку.
- 8.2. Как определить требуемую ширину лотка на криволинейном участке
- 8.3. От чего зависит радиус кривизны лотка-склиза.
- 8.4. Как рассчитать время движения детали по лотку.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

РАСЧЁТ КАРМАНЧИКОВОГО БУНКЕРА

1. Цель занятия

Изучение принципа работы и методов расчёта карманчиковых бункеров.

2. Теоретические положения

Бункеры с поштучной выдачей деталей являются весьма распространёнными.

На рисунке 1 представлена кинематическая схема карманчикового бункера контрольно-сортировочного автомата 37 АК.

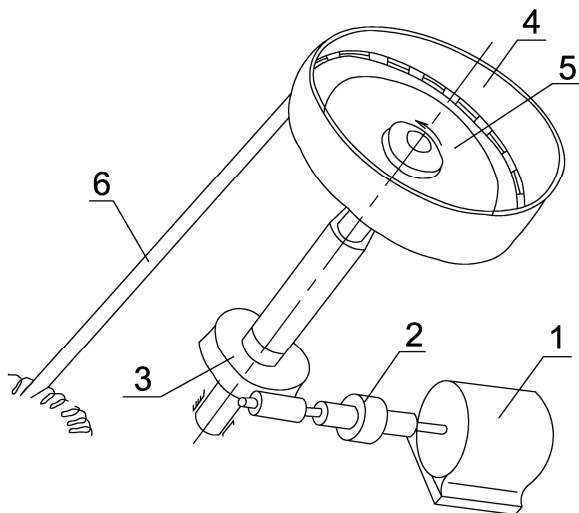


Рисунок 1 – Кинематическая схема карманчикового бункера

На рисунке 1 обозначено:

- 1 – электродвигатель
- 2 – муфта
- 3 – червячная передача
- 4 – чаша бункера
- 5 – диск с карманами
- 6 – отводящий лоток

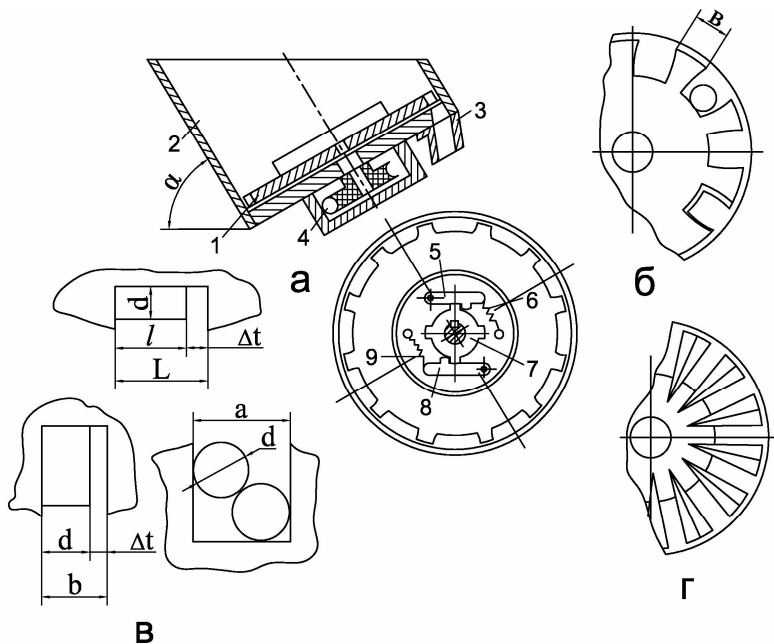


Рисунок 2 – Элементы карманчикового бункера

На рисунке 2 а представлен основной тип карманчикового бункера. Карманчиковый бункер [2] состоит из чаши 2, диска 1 с карманами, отводящего лотка 3 и привода — червячной передачи 4. При вращении диска 1 в расположенные внизу карманы западают заготовки, которые поднимаются вверх и выпадают через отверстие в корпусе в приемный лоток 5.

Карманы на диске можно располагать различными

способами. Способ расположения деталей оказывает значительное влияние на производительность карманчикового бункера, так как влияет на величину коэффициента заполнения, а также на допустимую величину скорости вращения диска. При расположении, карманов по хорде (рисунок 2, а) количество карманов невелико. При том же диаметре вращающегося диска и той же окружной скорости количество карманов, а следовательно, и производительность бункера можно значительно увеличить, если расположить карманы радиально, как показано на (рисунок 2, г.) Однако при этом детали почти не будут попадать в карманы, так как у стенки кожуха они в большинстве располагаются по хорде. Для того чтобы заставить детали располагаться радиально и, следовательно, увеличить коэффициент заполнения, на диске необходимо сделать радиальные выступы.

Для загрузки деталей с длиной меньшей по величине, чем диаметр, карманам придаётся форма, показанная на рисунке 2б.

Привод дисковых карманчиковых бункеров осуществляется через предохранительное устройство. Звёздочка 7, сидящая на приводном валу, вращается с постоянной угловой скоростью и посредством выступов на рычагах 5 и 8, сообщает вращение диску с карманами 1. Рычаги 5 и 8 сидят на осях, закреплённых на диске 1, и пружинами 6 и 9 прижимаются к звёздочке 7.

При переполнении лотка диск упирается краем кармана в деталь, выступающую из лотка 3. Благодаря наличию скосов рычаги 5 и 8 под действием возникающих усилий расходятся и скользят по вершинам зубьев звёздочки.

Как только зуб звёздочки пройдёт путь, равный ширине его вершины, рычаги 5 и 8 получают возможность опускаться по противоположному скосу зуба. Так как скорость поворота зуба мала по сравнению со скоростью сжатия пружины, то в течение времени опускания рычага под действием пружины зуб можно рассматривать как находящийся в покое. При скольжении

выступа рычага по скосу звёздочки он будет одновременно перемещаться в направлении, противоположном движению звёздочки и поворачивать в этом направлении диск 1. Таким образом, карман диска после остановки получает небольшой отход назад, в результате которого освобождается зажатая деталь.

3. Расчёт карманчикового бункера

Определение размеров карманов производится следующим образом. Для дисков с карманами, расположенными по хорде и радиально (рисунок 2в) размеры карманов рекомендуется определять по формулам

$$l < L < l + d ; \quad (1)$$

$$b = (1,4 \div 1,6) d . \quad (2)$$

Для дисков с карманами по торцу заготовки (рисунок 2б) размер кармана определяется из условия невозможности попадания в карман одновременно двух деталей. Это условие с некоторым запасом выражается формулой

$$a = 1,7 d - (1 \div 2) , \text{ мм.} \quad (3)$$

При проектировании бункеров следует также определить угол наклона бункера к горизонту. Этот угол следует выбирать таким, чтобы было обеспечено соскальзывание заготовок по диску бункера вниз. Для этого угол α наклона к горизонту должен в $2 \div 4$ раза превышать угол трения ($\alpha = 30 \div 60 \text{ град.}$). Особенно большое значение угол α должен иметь для загрязнённых, со следами масла деталей.

Скорость V диска должна быть такой, чтобы детали

успевали выпадать в отводящий лоток за время прохождения над лотком. Ориентировочно она определится по формуле

$$v \leq \Delta t \sqrt{g \frac{\sin \alpha}{\Delta h}}, \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

$\Delta h = (0,2 \div 0,5) \cdot 10^{-3}$ – глубина опускания детали в вырез окна, при которой деталь считается захваченной, м ;

$\Delta t \leq 0,5d$ – зазор по шагу, м ; d – диаметр детали, м.

Максимальная, установленная практикой, величина окружной скорости рабочего диска не должна превышать $0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Механизм, прекращающий выдачу деталей закрытием окон приёмных устройств в дисковом карманчиковом бункере, показан на рисунке 3. Детали, запавшие в карманы диска 12, выносятся к приёмному окну в днище 1, закрываемому заслонкой 11. Диск 12 приводится во вращение червячной передачей 4 – 6. На оси червяка 4 сидит кулачок 3. Передаточное отношение червячной пары равно числу карманов во вращающемся диске. Благодаря этому прохождение каждого кармана над окном в днище 1 происходит в определённый период оборота кулачка 3, что даёт возможность обеспечить открытие заслонки 11 при определённом положении детали над окном в днище 1. Кулачок 3 через рычаг 5 нажимает на толкатель 7 – 9, который в свою очередь, нажимая на заслонку 11, открывает окно в днище 1 и деталь выпадает в приёмник 10. Ролик рычага 5 прижимается к кулачку пружиной 2.

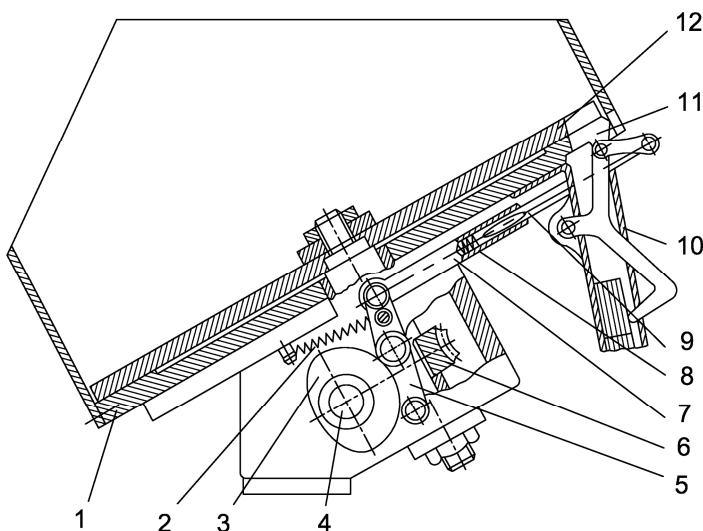


Рисунок 3 – Карманчиковый бункер с механизмом, прекращающим выдачу деталей закрытием окон приёмных устройств

Если приёмник 10 заполнен деталями, то выступ заслонки 1 не может войти в прорезь приёмника 10 и заслонка не может повернуться вокруг своей оси, т. е. открыть окно в днище 1. При этом левая часть толкателя 7 сожмёт пружину 8 и войдёт в отверстие правой части толкателя 9, а заслонка 11 остаётся на месте. Так как окно в днище 1 не откроется, детали будут транспортироваться мимо окна до его открытия.

4. Расчёт производительности бункера

Производительность всех типов БЗОУ с поштучной выдачей деталей определяется по формуле

$$Q = k z n , \quad (5)$$

где k — коэффициент заполнения захватного органа деталями;

n — число циклов работы в минуту;

z — число захватных органов (карманов, крючков, штырей и т. д.).

Коэффициент k меньше единицы и зависит от целого ряда факторов: от конструктивного решения элементов БЗОУ (угол наклона диска, форма захватных органов, приёмной части лотков и т. д.), формы деталей, коэффициента трения деталей о захватные органы и стенки бункера, наличия грязи, масла, пыли и т. д., от скорости движения захватных органов. При скорости вращения диска с карманами по хорде $V_{\max} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ коэффициент заполнения $k = 0,55 \div 0,65$; для диска с радиальными карманами при $V_{\max} = 0,15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $k = 0,4 \div 0,48$.

В общем случае для дисков с карманами, расположенными по хорде, коэффициент заполнения определяется из выражения (3)

$$k = 0,65 - 1,43 v^4, \quad (6)$$

для дисков с радиальными карманами

$$k = 0,43 - 17,1 v^4, \quad (7)$$

где v — окружная скорость вращения диска, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Число карманов в диске определяется по формуле

$$Z_{расч} = \frac{\pi D}{L + \epsilon}, \quad (8)$$

где ϵ – величина перемычки между карманами, мм;

$$\epsilon = 0,5 l \text{ при } \frac{l}{d} > 1;$$

$$\epsilon = 1,5 d \text{ при } \frac{l}{d} < 1;$$

$$\epsilon = 2 d \text{ при } \frac{l}{d} \gg 1;$$

L – размер кармана, расположенного по хорде.

* – для кармана, расположенного радиально вместо L в формулы (8), (9) и (10) подставляем " ϵ ", для дисков с карманами по торцу заготовки вместо L подставляем " a ".

Расчётное значение $Z_{расч}$ округляется до целого числа и пересчитывается величина перемычки

$$\epsilon^n = \frac{\pi D}{Z} - L. \quad (9)$$

Формулу производительности для карманчикового бункера можно представить в несколько ином, чем (5) виде

$$Q = k \frac{v}{L + \epsilon}, \quad (10)$$

Карманчиковые БЗОУ в основном применяются для загрузки и ориентирования стержневых деталей типа тел

вращения (рисунок 4, а). В схему карманчикового БЗОУ, изображённую на рисунке 4, б, входят ёмкость 2, диск с карманами 1, отводящий лоток 3 и привод 4. При вращении диска карманы, проходящие через массу деталей, заполняются ими, а в момент прохождения над отводным лотком опорожняются. Карманы в диске можно располагать тремя способами, как показано на рисунке 4, в.

Засыпанные в ёмкость детали будут занимать в зависимости от отношения $\frac{l}{d}$ то или иное преимущественное расположение по отношению к криволинейной стенке ёмкости и к карманам.

Детали с отношением $\frac{l}{d} < 1$ размещаются своими торцовыми поверхностями по плоскости диска; соответствующим образом должны быть выполнены и карманы.

Детали с $\frac{l}{d} > 1$ преимущественно получают ориентацию по хорде ёмкости, наклонённой под углом α , а следовательно, и диска. Чем больше это отношение, тем больший процент деталей оказывается ориентированным по хорде и тем устойчивее эта ориентация. Естественно, что для таких деталей карманы должны располагаться также по хорде.

При $\frac{l}{d} \gg 1$ и расположении карманов по хорде количество их невелико. При этом же диаметре диска и этой же окружной скорости количество карманов, а следовательно и производительность БЗОУ можно значительно увеличить, расположив карманы радиально. Однако при этом детали почти не будут западать в них, так как они стремятся расположиться по хорде. Для придания деталям радиальной ориентации на диске между карманами выполняются призматические выступы.

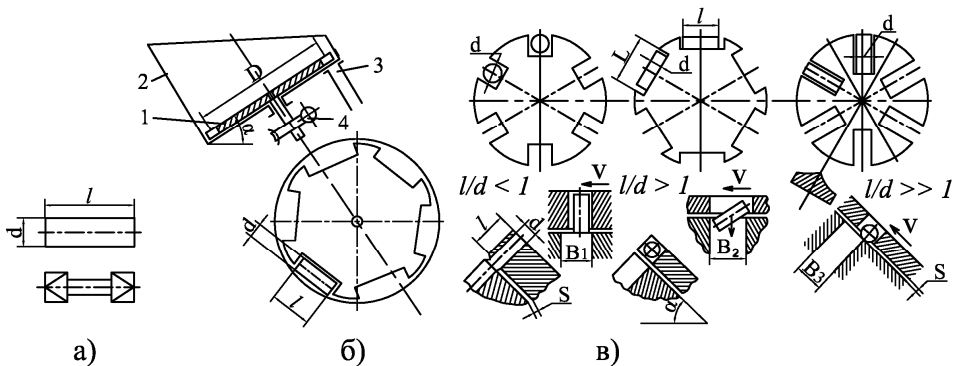


Рисунок 4 – Карманчиковые БЗОУ

5. Индивидуальные расчётные задания

Исходные данные для расчёта параметров карманчикового бункера представлены в таблице 1, которые выбираются по последней цифре номера зачётной книжки.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта карманчикового бункера

Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр детали d , мм	3	4	6	2	8	4	6	10	8	4
Длина детали l , мм	15	20	18	10	25	12	20	30	25	20
Угол наклона бункера α , град.	20	30	40	30	20	25	35	40	35	25
Диаметр диска D , мм	280	320	300	250	300	220	320	400	300	280

6. Порядок выполнения расчётов

Изучить методические указания.

Рассчитать размер карманов L (в или a).

Рассчитать скорость вращения диска V .

Вычислить число карманов Z .

Рассчитать производительность бункера.

Выполнить эскиз диска.

Рассчитать и построить зависимость коэффициента заполнения диска от скорости его вращения $k = f(v)$ (рисунок 5). Данные расчёта занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные расчёта коэффициента заполнения k .

Скорость диска, $V, \frac{м}{с}$	0,05	0,1	0,15	0,2
Коэффициент k				

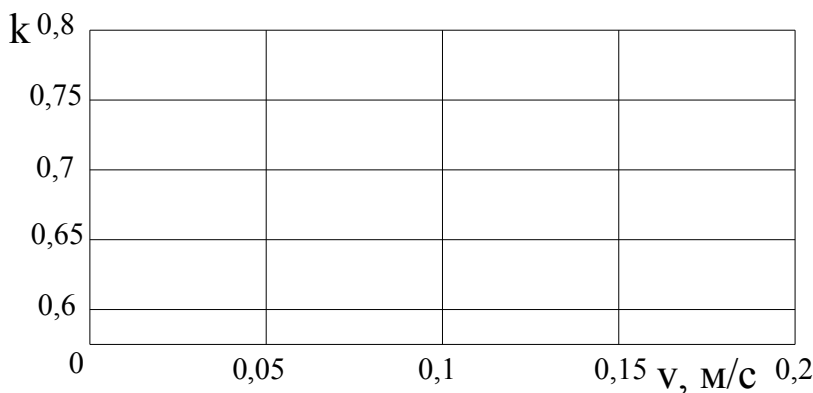


Рисунок 5 – Зависимость $k = f(v)$

6.8. Рассчитать и построить зависимость производительности карманчикового бункера от скорости вращения диска (рисунок 6). Данные расчёта занести в таблицу 3. Коэффициенты k для различных скоростей V определять по таблице 2.

Таблица 3 – Данные расчёта производительности

Скорость диска $V, \frac{м}{с}$	0,05	0,1	0,15	0,2
Производительность бункера $Q, \frac{1}{с}$				

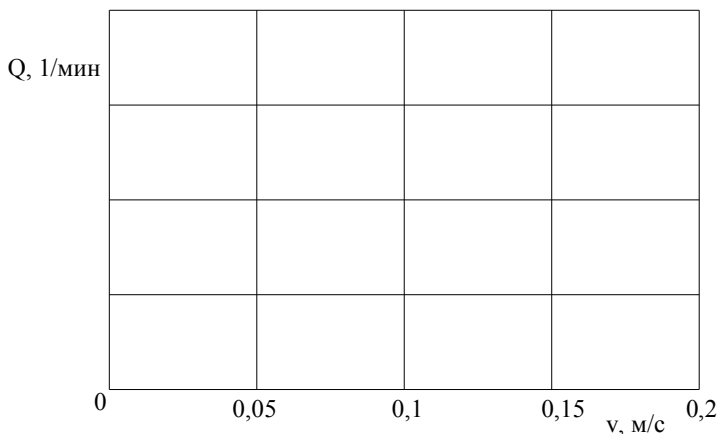


Рисунок 6 – Зависимость $Q = f(v)$

7. Содержание отчёта

Цель занятия.

Основные теоретические положения.

Расчёт диска карманчикового бункера.

Расчёт производительности бункера.

Эскиз диска.

Таблицы расчёта коэффициента заполнения диска и производительности бункера.

Графики зависимости коэффициента заполнения диска и производительности бункера от скорости вращения диска.

8. Контрольные вопросы

Пояснить принцип работы бункерного загрузочного устройства карманчатого типа.

Назначение предохранительного устройства.

Как определяется скорость вращения диска.

Пояснить принцип работы механизма закрытия окон приёмных устройств.

От чего зависит коэффициент заполнения диска.

Каким образом соотношение $\frac{l}{d}$ детали влияет на конструкцию диска.

Охарактеризуйте зависимость производительности бункера от скорости вращения диска.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

РАСЧЁТ КРЮЧКОВОГО БУНКЕРА

1. Цель занятия

Изучение принципа работы и методов расчёта крючковых бункеров.

2. Теоретические положения

Крючковые бункеры относятся к классу бункеров с поштучной выдачей деталей. На рисунке 1 представлен бункер с крючками по периферии. Он предназначен для загрузки деталей с внутренними отверстиями – типа втулок или колпачков.

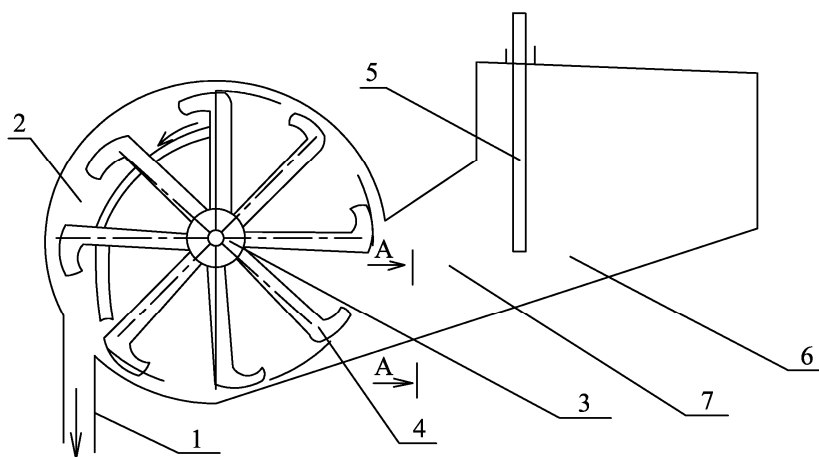


Рисунок 1 – Крючковый бункер

На вращающемся диске 3 укреплены крючки 4, которые забирают детали в нижнем положении из загрузочного пространства бункера 7 и поднимают их вверх. При переходе через верхнее положение, на левой стороне бункера, детали

заходят в приёмник 2 в виде трубчатого лотка с разрезом, сквозь который свободно проходит крючок 4. В приёмнике деталь соскальзывает с крючка, опережает его и выпадает в трубчатый лоток 1. Если приёмник переполнен, крючок с очередной деталью упирается в детали, находящиеся в приёмнике, и благодаря наличию фрикционной муфты диск останавливается до освобождения приёмника. Поступление деталей из предбункера 6 в бункер 7 регулируется заслонкой 5.

Окружную скорость захватного узла V рекомендуется принимать $0,3 \div 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Для мелких деталей скорость выбирается большей, чем для крупных.

3. Расчёт крючкового бункера

Величина шага t крючков (рисунок 2) определяется по формуле

$$t = \Delta t + l + l_{кр} + \delta_c, \quad (1)$$

где Δt – зазор по шагу, мм;

l – длина детали, мм;

$l_{кр}$ – длина загрузочного конца крючка, мм;

$\delta_c = D = 1,2d_g$ – толщина стержня, мм (рисунок 3,в).

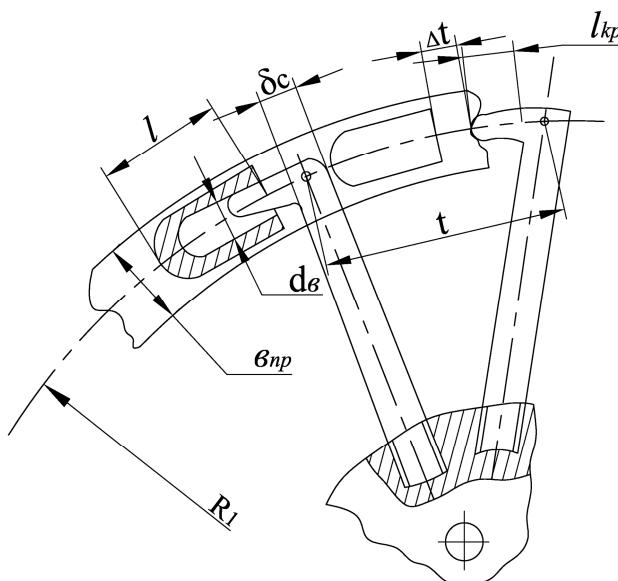


Рисунок 2 – Геометрические размеры захватного органа

Во избежание заклинивания деталей между крючками шаг t выбирается так, чтобы в нём не укладывалось целое число деталей по длине.

Зазор по шагу Δt необходим для перемещения деталей между крючками в зоне захвата во время поворота диска на один шаг. Чем больше окружная скорость, тем большим должен быть зазор по шагу

$$\Delta t_{расч.} \geq v \sqrt{\frac{2l_u}{g(\sin \gamma - f_k \cos \gamma)}} , \quad (2)$$

где l_u — длина пути центра тяжести очередной детали при

её перемещении в зоне захвата (рисунок 3), мм;

$\gamma = 15 \div 20^\circ$ – угол наклона днища бункера к горизонту;

$f_k = 0,02 \div 0,05$ – коэффициент трения качения;

$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – ускорение свободного падения.

А-А (рисунок 1)

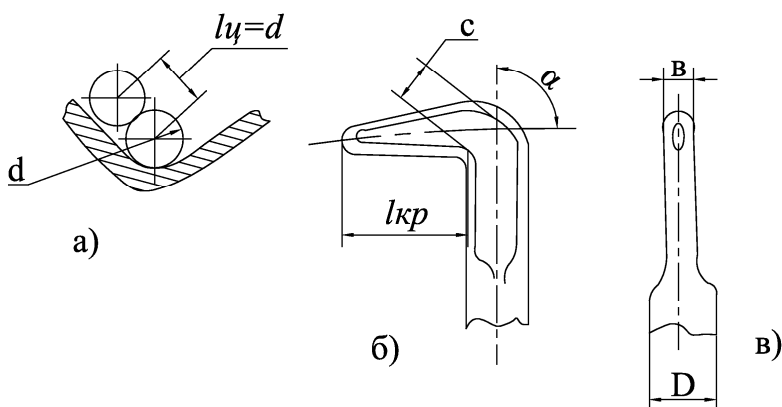


Рисунок 3 – Форма лотка бункера (а) и размеры крючка (б, в)

Радиус диска по оси отогнутой части крючков R_1 можно ориентировочно выбирать по формуле

$$R_1 = (5 \div 10)l. \quad (3)$$

Размеры крючка определяют по следующим эмпирическим формулам

$$l_{\text{кр}} = (1,2 \div 1,3)l; \quad (4)$$

$$c = (0,45 \div 0,6)d_{\epsilon}; \quad (5)$$

где d_{ϵ} – внутренний диаметр детали.

Отогнутую часть крючка следует затачивать на конус, а угол отгиба крючка делать равным $\alpha = 80 \div 85^{\circ}$.

Ширина (диаметр) приёмника (рисунок 2)

$$b_{np} = \frac{4d^2 + 8R_1d + l^2}{8R_1 + 4d}. \quad (6)$$

4. Расчёт производительности бункера

Производительность бункера с поштучной выдачей деталей определяется по формуле

$$Q = kzn, \quad (7)$$

где k – коэффициент заполнения захватных органов (крючков) деталями;

n – число циклов работы в минуту;

z – число крючков.

Коэффициент заполнения определяется из выражения

$$k = 0,78 - 0,32v^4, \quad (8)$$

где v – окружная скорость крючка, $\frac{м}{с}$.

Число крючков определяется исходя из габаритных размеров бункера, задаваемых радиусом R_1 , шагом крючков t

$$t = \Delta t + l + l_{kp} + \delta_c = \frac{2\pi R_1}{z},$$

откуда

$$z_{расч.} = \frac{2\pi R_1}{\Delta t + l + l_{kp} + \delta_c}. \quad (9)$$

Расчётное значение $z_{расч.}$ округляется до целого числа и пересчитывается величина зазора по шагу Δt

$$\Delta t = \frac{2\pi R_1}{z} - (l + l_{kp} + \delta_c), \quad (10)$$

а затем проверяется на соответствие расчётного значения, определённого ранее по формуле 2

$$\Delta t \geq \Delta t_{расч.}. \quad (11)$$

Формулу производительности бункера можно представить в несколько ином, чем (7) виде

$$Q = k \frac{v}{t}, \quad (12)$$

так как $z = \frac{2\pi R_1}{t}$, а $n = \frac{v}{2\pi R_1}$.

5. Индивидуальное расчётное задание

Исходные данные для расчёта параметров крючкового бункера представлены в таблице 1 и выбираются по последней цифре номера зачётной книжки.

Таблица 1 – Исходные данные

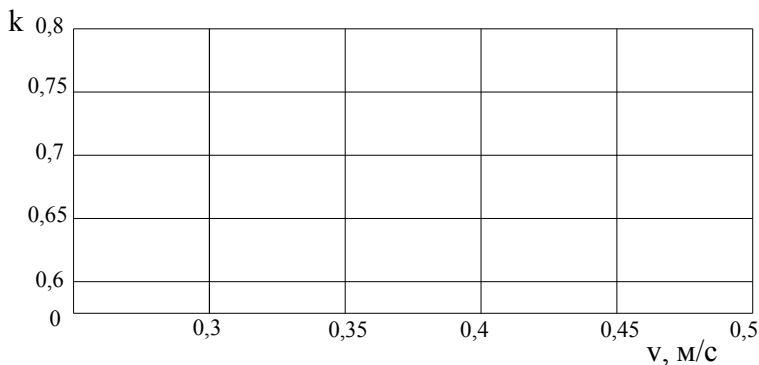
Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина детали l , мм.	15	20	30	10	18	32	40	20	25	30
Наружный диаметр детали d , мм.	8	10	12	6	8	18	16	10	12	18
Внутренний диаметр детали d_e , мм.	5	7	8	4	6	14	12	8	8	12
Радиус отогнутой части крючков R_1 , мм.	120	150	170	100	120	160	250	110	150	220

6. Порядок выполнения расчётов

- 6.1. Изучить методические указания.
- 6.2. Рассчитать зазор по шагу крючков бункера.
- 6.3. Рассчитать размеры крючка и приёмника деталей.
- 6.4. Рассчитать число крючков.
- 6.5. Рассчитать и построить зависимость коэффициента заполнения крючков от скорости их вращения $k = f(v)$ (рисунок 4). Данные расчёта занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные расчёта коэффициента загрузки k

Скорость крючков $v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Коэффициент k					

Рисунок 4 – Зависимость $k = f(v)$

6.6. Выполнить эскиз бункера.

6.7. Рассчитать и построить зависимость производительности бункера от скорости вращения (рисунок 5). Данные расчёта занести в таблицу 3. Коэффициенты k определить по таблице 2.

Таблица 3 – Данные расчёта производительности

Скорость $v, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Производительность $Q, \frac{1}{\text{с}}$					

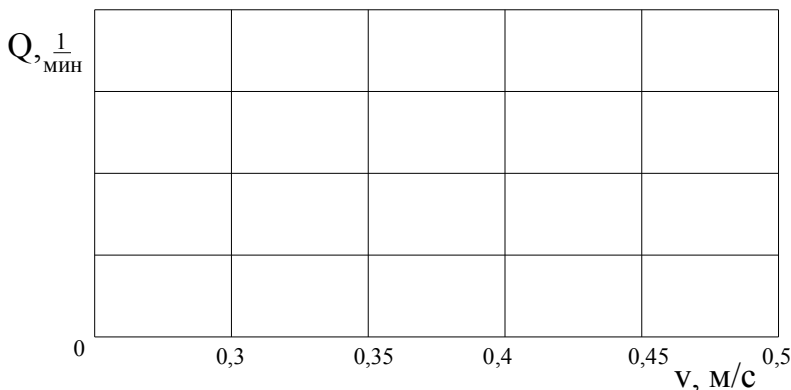


Рисунок 5 – Зависимость $Q = f(v)$

7. Содержание отчёта

- 7.1. Цель занятия.
- 7.2. Основные теоретические положения.
- 7.3. Расчёт зазора по шагу.
- 7.4. Расчёт размеров крючка и приёмника деталей.
- 7.5. Эскиз бункера.
- 7.6. Таблица и зависимость $k = f(v)$.
- 7.7. Таблица и зависимость $Q = f(v)$.

8. Контрольные вопросы

- 8.1. Пояснить принцип работы крючкового бункера.
- 8.2. Какой диапазон окружных скоростей вращения диска.
- 8.3. Из какого условия определяется зазор по шагу крючков.
- 8.4. Как определить размер приёмного лотка.
- 8.5. От чего зависит коэффициент заполнения крючков.
- 8.6. Охарактеризовать зависимость производительности бункера от скорости вращения диска.

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

РАСЧЁТ ТРУБЧАТЫХ БУНКЕРОВ

1. Цель занятия

Изучение принципа работы, конструкции и методов расчёта трубчатых бункеров.

2. Теоретические положения

Трубчатые бункеры относятся к бункерам, выдающим детали непрерывным потоком за счёт собственного веса. Существует несколько конструктивных форм с ориентированием деталей западанием в трубку (рисунок 1). Рассмотрим бункеры с вращательным движением трубки, ворошителя или чаши бункера.

Основной тип – бункер с вращающейся трубкой – рекомендуется применять для средних размеров деталей (рисунок 1, а).

Устройство с вращающейся чашей (рисунок 1, б) даёт лучшие результаты на относительно малых деталях.

Можно и чашу и трубку оставить неподвижными, а создать относительное перемещение деталей вращающимся штифтом (ворошителем), как показано на рисунке 1, в. Бункер с вращающимся ворошителем обладает более высокой производительностью для относительно крупных деталей.

Экспериментально установлено, что оптимальными значениями угла наклона днища чаши являются $40 \div 50^\circ$.

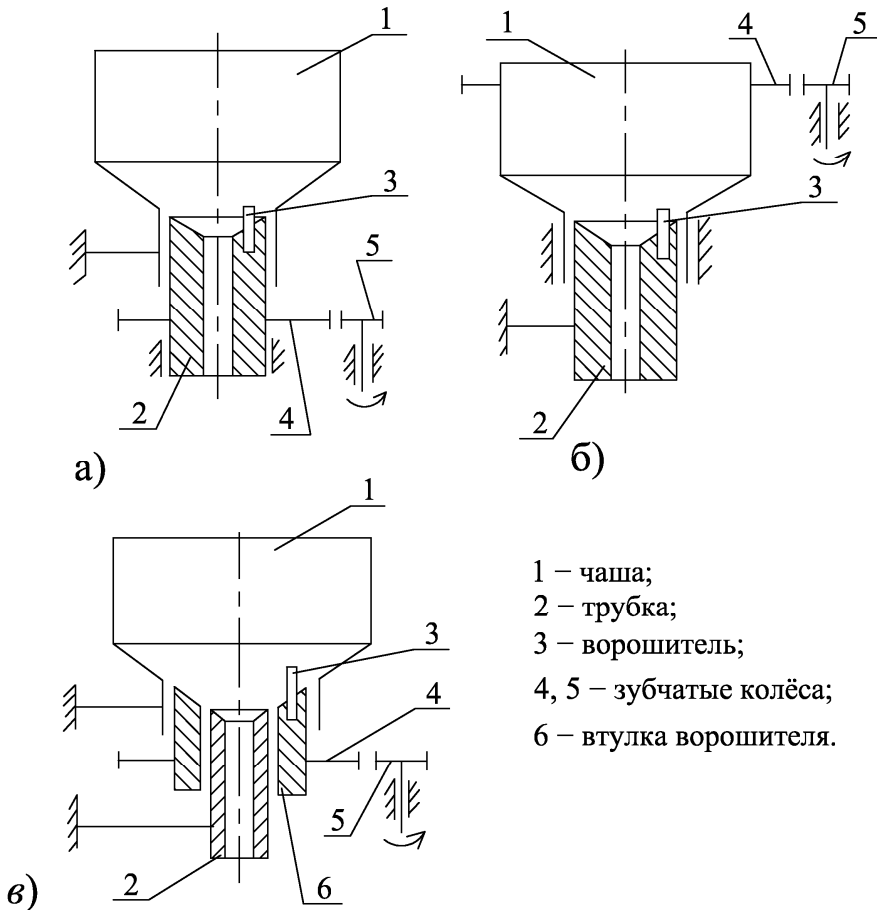


Рисунок 1 – Схемы трубчатых бункеров

3. Расчёт трубчатых бункеров

3.1. Расчёт диаметра отверстия трубки

Диаметр отверстия вращающейся трубки оказывает большое влияние на производительность бункера. Вероятность западания детали из навала в отверстие трубки пропорциональна площади отверстия трубки. К тому же увеличение диаметра

отверстия улучшает условия западания детали, так как увеличивается плечо, на котором сила тяжести поворачивает деталь вокруг края трубки внутрь её. Поэтому диаметр отверстия трубки следует выбирать максимально возможным. Однако его увеличение ограничивается двумя условиями:

1) диаметр отверстия трубки не должен позволять детали поворачиваться в такое положение, при котором возможно её заклинивание.

2) диаметр отверстия трубки не должен допускать одновременно попадания в трубку двух деталей.

Заклинивание детали в трубке возможно в том случае, если деталь повернётся в положение, при котором диагональ её продольного сечения AB образует с перпендикуляром к поверхности трубки угол β , равный (или меньше) углу трения ρ (рисунок 2, а).

Для удовлетворения первого условия необходимо, чтобы $\beta > \rho$.

Диаметр отверстия трубки D связан с диагональю детали AB зависимостью

$$D = AB \cos \beta = \sqrt{l^2 + d^2} \cos \beta, \quad (1)$$

где l — длина детали, мм;

d — диаметр детали, мм.

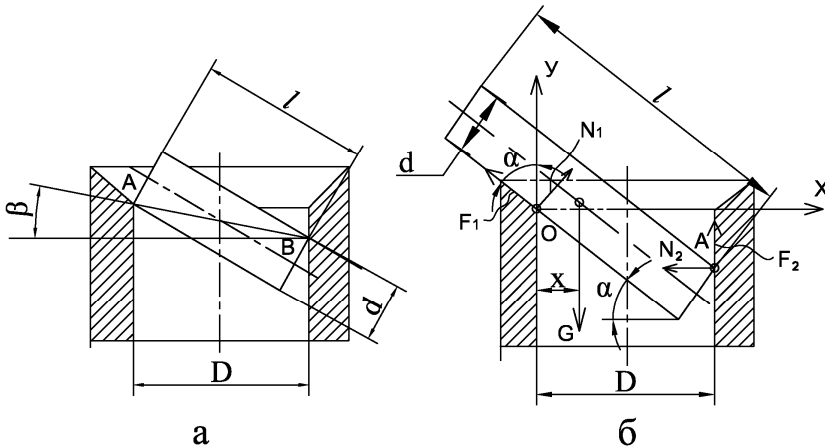


Рисунок 2 – Запирание деталей в трубку

Диаметр трубки при котором возможно заклинивание определится при условии, что $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \rho = f = 0,1 \div 0,8$.

Заменяя

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \rho}}$$

и вводя коэффициент надёжности $\gamma = 0,9 \div 0,95$, получим окончательно

$$D = \eta \frac{\sqrt{l^2 + d^2}}{\sqrt{1 + f^2}}. \quad (2)$$

Введём соотношение $\frac{l}{d}$ и преобразуем выражение (2)

$$D = d \eta \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{d}\right)^2 + 1}}{\sqrt{1 + f^2}} . \quad (3)$$

Для удовлетворения второго условия необходимо, чтобы

$$D = 2 \eta d . \quad (4)$$

Определим размеры детали по соотношению $\frac{l}{d}$, для которых при расчёте внутреннего диаметра трубки необходимо учитывать оба условия, и размеры деталей, для которых можно принять только одно из этих условий. Для этого определим отношение $\frac{l}{d}$, удовлетворяющее обеим (3) и (4) формулам одновременно

$$2 \eta d = \eta d \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{d}\right)^2 + 1}}{\sqrt{1 + f^2}} ,$$

откуда

$$\left(\frac{l}{d}\right)^2 = 4 + 4f^2 - 1$$

или

$$\frac{l}{d} = \sqrt{4f^2 + 3}. \quad (5)$$

При малых коэффициентах трения значением f^2 можно пренебречь. Тогда нижний предел отношения $\frac{l}{d}$, удовлетворяющий одновременно двум условиям (формулам (3) и (4)) $\frac{l}{d} \approx \sqrt{3} = 1,73$.

Примем наибольший практически возможный для загружаемых деталей коэффициент трения $f = 0,8$. Тогда верхний предел $\frac{l}{d} = \sqrt{5,56} \approx 2,4$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Для деталей с соотношением $\frac{l}{d} < 1,73$ диаметр отверстия трубки следует рассчитывать по формуле (3).
2. Для деталей с соотношением $\frac{l}{d} = 1,73 \div 2,4$ диаметр отверстия следует подсчитывать по обеим формулам и принимать меньшим.
3. Для деталей с $\frac{l}{d} > 2,4$ достаточно подсчитать диаметр отверстия трубки по формуле (4).

Определение угла входного конуса приёмной части трубки

Рассмотрим влияние отношения $\frac{l}{d}$ и входного угла приёмного конуса на условия западания деталей в трубку (рисунок 2, б). Очевидно, условия западания в трубку будут тем лучше, чем больше плечо X , на котором сила тяжести поворачивает деталь внутрь трубки.

Значение X , при котором ещё не будет происходить западание детали в трубку, можно определить из условия равновесия детали под действием приложенных к ней сил: силы веса детали G , нормальных реакций N_1 и N_2 в точках O и A и сил трения $F_1 = f N_1$ и $F_2 = f N_2$. Проектируя силы на оси OX и OY и составляя уравнение моментов относительно точки O , получим следующие уравнения равновесия

$$\begin{aligned} N_1 f \cos \alpha + N_1 \sin \alpha + N_2 f - G &= 0 \\ - N_1 f \sin \alpha + N_1 \cos \alpha - N_2 f &= 0 \\ G X - N_2 f D + N_2 \frac{D \cos \alpha - d}{\sin \alpha} &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

В результате решения этих уравнений и ряда других преобразований получаем

$$\left(\frac{l}{d} \right)_{\max} = \frac{1,9 - 0,5 \cos \alpha - q}{0,5 \sin \alpha}, \quad (7)$$

где

$$q = \frac{(\cos \alpha - f \sin \alpha)[1 - 1,9(\cos \alpha - f \sin \alpha)]}{f \sin 2\alpha - (1 - f^2) \sin^2 \alpha}. \quad (8)$$

В таблице 1 представлены предельные значения отношений $\frac{l}{d}$, рассчитанные по формулам (7) и (8) для различных углов приёмной части трубки и различных коэффициентов трения.

Таблица 1 – Предельные значения отношений $\frac{l}{d}$

Угол α , град	Коэффициент трения			
	0,3	0,4	0,45	0,5
60	3,5	3,55	3,6	3,7
45	4,3	4,1	4,05	4,0
30	8,0	7,5	6,8	6,55

4. Индивидуальное расчётное задание

Исходные данные для расчёта параметров трубчатого бункера представлены в таблице 2, и выбираются по последней цифре зачётной книжки.

Таблица 2 – Исходные данные

Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр детали d , мм	10	12	8	16	14	20	12	10	8	12
Длина детали l , мм	15	25	20	32	28	40	30	30	12	28
Коэффициент трения f	0,3	0,4	0,45	0,5	0,3	0,4	0,45	0,5	0,3	0,4

5. Порядок выполнения расчётов

5.1. Изучить методические указания.

5.2. Определить отношение $\frac{l}{d}$.

5.3. Рассчитать диаметр отверстия приёмной трубки.

5.4. Определить угол входного конуса приёмной части трубки.

5.5. Выполнить эскиз бункера.

6. Содержание отчёта

6.1. Цель занятия.

6.2. Основные теоретические положения.

6.3. Расчёт отношения $\frac{l}{d}$.

6.4. Расчёт угла входного конуса приёмной части трубки.

6.5. Эскиз бункера.

7. Контрольные вопросы

- 7.1. Поясните принцип работы бункера.
- 7.2. Дайте классификацию трубчатых бункеров.
- 7.3. Из каких условий определяется диаметр отверстия трубки.
- 7.4. На что влияет отношение $\frac{l}{d}$.
- 7.5. Влияние угла приёмного конуса трубки на условия западания деталей.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

СОПРЯЖЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ

1. Цель занятия

Изучение условий сборки резьбовых деталей и расчёт параметров центрирующих разрезных втулок.

2. Теоретические положения

Сопряжение резьбовых деталей является сложным видом сборки. На рисунке 1, а показано параллельное смещение осей при сборке резьбового узла. Гайка центрируется на сборочной позиции установочной подпружиненной оправкой 1. Винт находится в ориентирующем устройстве 2.

Из схемы видно, что смещение e осей собираемых резьбовых деталей является замыкающим звеном в размерной цепи погрешностей базирования

$$e = e_1 + e_2 + e_3, \quad (1)$$

где e_1 – установочное смещение осей базирующего и ориентирующего элементов;

$e_2 = \frac{\Delta_B}{2} + \frac{\delta_B}{2} + \frac{\delta_{OP}}{2}$ – смещение оси винта относительно оси ориентирующего устройства;

Δ_B – зазор между ориентирующим устройством и винтом;

δ_B – допуск на изготовление наружного диаметра винта;

δ_{OP} – допуск на изготовление ориентирующего устройства;

$e_3 = \frac{\Delta_2}{2} + \frac{\delta_2}{2} + \frac{\delta_\phi}{2}$ – смещение оси гайки относительно оси базы;

Δ_2 – зазор между отверстием гайки и оправкой 1;

δ_2 – допуск на изготовление отверстия гайки;

δ_ϕ – допуск на изготовление оправки.

Находим максимально допустимое параллельное смещение осей резьбовых поверхностей собираемых деталей, при которых ещё возможно захватывание резьбы

$$e_1 + e_2 + e_3 \leq 0,325 S, \quad (2)$$

где S – шаг резьбы, мм.

Формула (2) справедлива для деталей без фасок на резьбовой части. Если же одна из резьбовых деталей имеет фаску, то

$$e_1 + e_2 + e_3 \leq C, \quad (3)$$

при $C > 0,325 S$, где C – ширина фаски, мм.

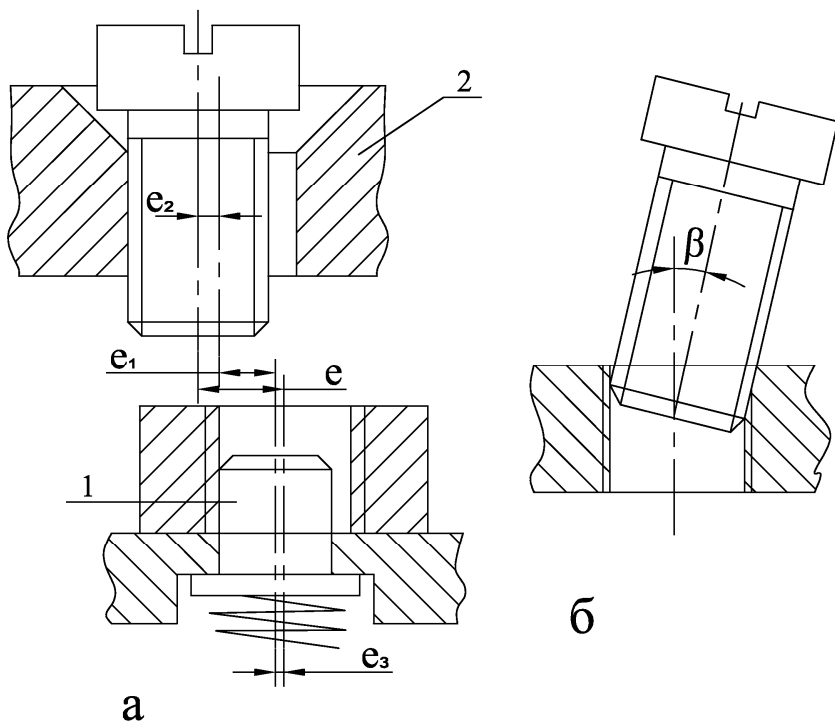


Рисунок 1 – Параллельное и угловое смещение осей при сборке

Заедание винта вызывает также угловой перекос осей деталей (рисунок 1, б). В результате перекоса первый виток винта попадает в канавку гайки через шаг, что вызывает при свинчивании срыв резьбы.

Принимаем следующие обозначения:

d – наружный диаметр резьбы;

d_2 – средний диаметр резьбы;

d_1 – внутренний диаметр резьбы;

δ_2 – допуск среднего диаметра;

δ_1 – допуск внутреннего диаметра гайки;

β – угол перекоса осей резьбовых деталей.

Опасным является случай, когда первый полный виток винта отклонится на такой угол β , что станет против витка гайки, и под действием осевого усилия может вызвать деформацию витков. Значение угла β в этом граничном случае выражается формулой

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} = \frac{S - 0,5 d_2 \operatorname{tg} 30^\circ}{d + d_1 + \delta_1}.$$

Для резьб $M2 \div M10$ полученную формулу можно заменить более простым выражением

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} = \frac{0,5 S}{d}. \quad (4)$$

3. Расчёт ориентирования винта по разрезной направляющей втулке

Ориентирование винта по разрезной направляющей втулке является одним из распространённых способов автоматического относительного ориентирования резьбовых деталей. После завинчивания винта на два-три оборота втулка раздвигается, давая возможность головке винта пройти сквозь неё.

Втулка должна иметь по возможности большое отверстие и небольшую длину, чтобы винт легко западал в неё и вращался (рисунок 2, а).

Максимально допустимый перекося винта во втулке

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{l}; \quad a = D - \frac{d}{\cos \beta},$$

следовательно

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D - \frac{d}{\cos \beta}}{l}. \quad (5)$$

3.1. Определение высоты втулки

Подставляя значение $\operatorname{tg} \beta_{\max}$ по формуле (4) в формулу (5), получаем

$$\frac{0,5S}{d} = \frac{D - \frac{d}{\cos \beta}}{l}.$$

Так как

$$\cos \beta_{\max} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta_{\max}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0,25S^2}{d^2}}},$$

то

$$\frac{0,5S}{d} = \frac{D^2 - \sqrt{d^2 + 0,25S^2}}{l}. \quad (6)$$

Из выражения (6) определяем высоту втулки l в зависимости от диаметра винта и зазора между винтом и

втулкой $\Delta = D - d$

$$l = \frac{d(d + \Delta - \sqrt{d^2 + 0,25S^2})}{0,5S}. \quad (7)$$

Зазор Δ выбирается в соответствии с формулой (3).
Распишем формулу (3) с учётом составляющих и получим

$$e_1 + \left(\frac{\Delta_B}{2} + \frac{\delta_B}{2} + \frac{\delta_{OP}}{2} \right) + \left(\frac{\Delta_z}{2} + \frac{\delta_z}{2} + \frac{\delta_\phi}{2} \right) \leq C \quad (8)$$

Значения составляющих определяются в соответствии с ГОСТами на размеры резьбовых деталей и допуски их элементов по заданным номинальным размерам и классу точности резьбы (таблица 1)

Таблица 1 – Размеры и допуски параметров резьбы, центрирующих и базирующих элементов

№	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение
1	2	3	4	5
1	Наружный диаметр резьбы	d	мм	
2	Шаг резьбы	S	мм	
3	Размер фаски винта	C	мм	
4	Угол фаски направляющей втулки	α	град	90

1	2	3	4	5
5	Установочное смещение осей базировочного и ориентирующего элементов	e_1	мм	$0,05 \div 0,1$
6	Допуск на изготовление наружного диаметра винта	δ_B	мм	
7	Допуск на отверстие направляющей втулки	δ_{OP}	мм	$H7$
8	Зазор между отверстием гайки и оправкой	Δ_z	мм	$0,1 \div 0,2$
9	Допуск отверстия гайки	δ_z	мм	
10	Допуск на диаметр оправки	δ_ϕ	мм	$h6$

Из формулы (7) находим величину зазора $\Delta = \Delta_B$

$$\begin{aligned}
 \Delta &\leq \frac{0,325S - e_1 - \left(\frac{\Delta_z}{2} + \frac{\delta_z}{2} + \frac{\delta_\phi}{2} \right) - \left(\frac{\delta_B}{2} + \frac{\delta_{OP}}{2} \right)}{2} \\
 &\leq 0,162S - \frac{e_1}{2} - \frac{(\Delta_z + \delta_z + \delta_\phi)}{4} - \frac{(\delta_B + \delta_{OP})}{4}. \quad (9)
 \end{aligned}$$

Преобразуем формулу (7) следующим образом

$$\begin{aligned}
 l &= \frac{d \left(d - \sqrt{d^2 + 0,25 S^2} \right)}{0,5 S} + \frac{d}{0,5 S} \Delta = \\
 &= \frac{d - d \sqrt{1 + \frac{0,25 S^2}{d^2}}}{0,5 S} + \frac{d}{0,5 S} \Delta. \quad (10)
 \end{aligned}$$

Так как для стандартных резьб $\frac{S}{d} = 0,1 \div 0,18$, то первый член уравнения (10) очень мал и им можно пренебречь, приняв для расчётов формулу

$$l = \frac{d}{0,5 S} \Delta. \quad (11)$$

Диаметр отверстия направляющей втулки

$$D = d + \Delta. \quad (12)$$

3.2. Расчёт ориентирующей втулки с направляющей фаской

На рисунке 2 б показано положение винта, попавшего в ориентирующую втулку. Для обеспечения прохода винта через разрезную втулку, последняя имеет фаску с углом конуса α .

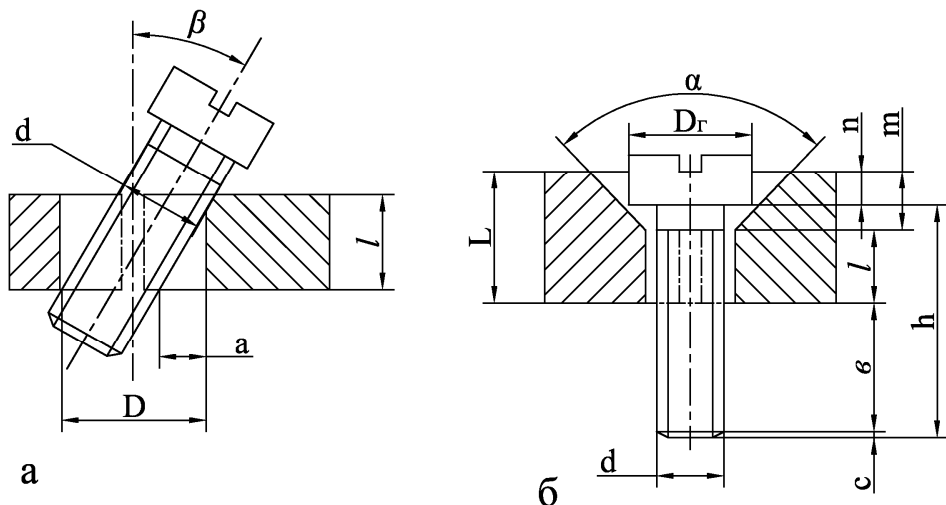


Рисунок 2 – Ориентирование винтов разрезными втулками

Чтобы в начале свинчивания резьба винта захватила гайку, винт должен выходить из втулки минимум на величину $e + c$, где $e = 3S$, S – шаг резьбы винта, c – размер фаски.

Длина винта находящаяся выше направляющей зоны втулки вычисляется по формуле

$$n = \frac{D_{\Gamma} - d}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (13)$$

Высота фаски втулки

$$m \geq 1,5 \frac{D_{\Gamma} - d}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (14)$$

Общая высота направляющей втулки

$$L = l + m = \frac{d}{0,5S} \Delta + 1,5 \frac{D_r - d}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (15)$$

4. Индивидуальное расчётное задание

Исходные данные для расчёта представлены в таблице 2 и выбираются по последней цифре номера зачётной книжки.

Таблица 2 – Исходные данные для расчёта

Наименование параметра	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Размер резьбы винта $M \dots 6g$	4	6	8	10	8	10	6	4	6	8
Длина винта l_B , мм	8	20	40	46	35	50	25	10	18	25
Шаг резьбы	Нормальный									

5. Порядок выполнения расчётов

- 5.1. Изучить методическое указание.
- 5.2. Для заданной резьбовой детали определить размеры и допуски и занести в таблицу 1.
- 5.3. Рассчитать максимально допустимый угол перекоса винта.
- 5.4. Рассчитать длину ориентирующей втулки.
- 5.5. Рассчитать размеры ориентирующей втулки с направляющей фаской. Результаты расчёта занести в таблицу 3.

Таблица 3 – Размеры ориентирующей втулки

L , мм	D , мм	l , мм	α , град	m , мм	n , мм	v , мм

5.6. Выполнить эскиз разрезной ориентирующей втулки с направляющей фаской.

6. Содержание отчёта

- 6.1. Цель занятия.
- 6.2. Основные теоретические положения.
- 6.3. Таблица размеров и допусков параметров резьбы, базирующих и центрирующих элементов.
- 6.4. Расчёт угла перекоса винта и геометрических размеров ориентирующей втулки. Таблица результатов расчётов.
- 6.5. Эскиз ориентирующей втулки.

7. Контрольные вопросы

- 7.1. Какие факторы влияют на условие свинчиваемости деталей.
- 7.2. Из какого условия определяется максимально допустимый угол перекоса винта.
- 7.3. Как рассчитывается длина направляющей части втулки.
- 7.4. Назначение направляющей фаски ориентирующей втулки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизація механосборочного производства / А. Н Рабинович.– Київ: Техника, 1969. – 542с.
2. Автоматизация технологических машин: Справочник / И. С. Бляхеров.– М.: Машиностроение, 1990. – 400с.

Заказ № _____ от « ____ » _____ 2008. Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ