

Практическая работа № 1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Проектирование подвижных защитных ограждений

Подвижные защитные ограждения представляют собой устройства, закрывающие доступ в рабочую зону при работающем механизме. Доступ в рабочую зону возможен только при неработающем механизме. Если защитное ограждение не установлено на постоянное место или не зафиксировано, включение механизма невозможно из-за блокировочного устройства.

1.2.1 Конструкция подвижных защитных ограждений и их блокировочных устройств

Наиболее широко эти защитные устройства распространены в ремонтном производстве АПК при ограждении токарно-винторезных, фрезерных станков и прессов.

На токарно-винторезных станках их устанавливают для защиты работающих от отлетающей стружки и смазочно-охлаждающей жидкости, а также от вылета режущего инструмента вследствие его плохого закрепления или разрушения. Здесь подвижные ограждения защищают только зону обработки детали и перемещаются вместе с суппортом, где закреплен резец (рисунок 1.4).

В передней части подвижного защитного ограждения 3 встроено смотровое окно из прозрачного материала, обеспечивающее визуальный контроль за процессом обработки детали. Задняя часть ограждения для облегчения конструкции выполнена решетчатой с диаметром отверстия 8 мм и закреплена на суппорте 4 шарнирно с возможностью ее поворота вверх и назад. Защитное ограждение оснащено электроблокировкой. Электрическая цепь замкнута, и станок можно включить только тогда, когда ограждение установлено в рабочее положение, т. е. когда оно ограждает зону обработки. Когда ограждение откинута, электрическая цепь разомкнута, и станок не включается.

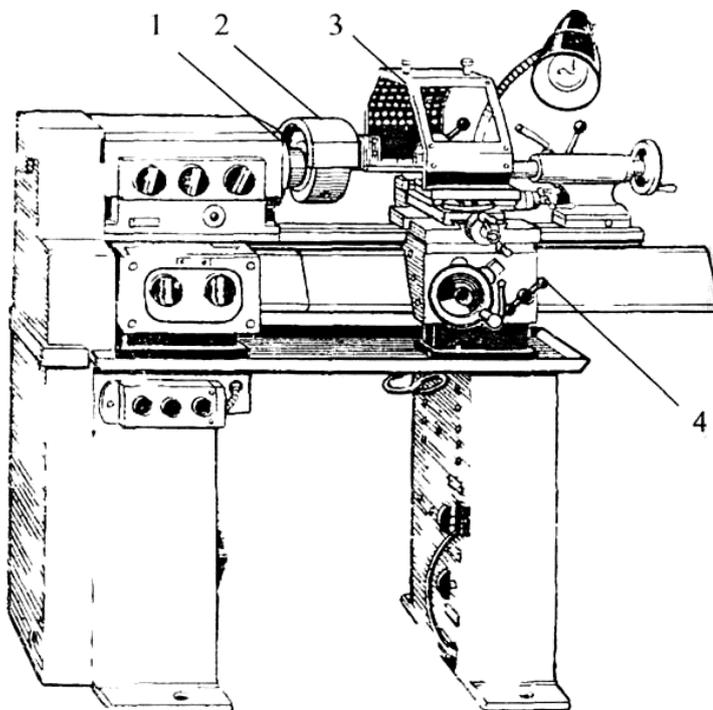


Рисунок 1.4 Защитные устройства токарно-винторезного станка.

1 - патрон; 2 - защитный кожух патрона; 3 - подвижное ограждение; 4 - суппорт.

При креплении обрабатываемых деталей в патроне 1 и при работе с планшайбой поводковой на станке устанавливают поворотный кожух 2 патрона.

Кожух патрона 2 и кожух планшайбы (на рисунке не показан) должны быть установлены таким образом, чтобы электроблокировка обеспечивала возможность включения станка, когда кожух ограждает патрон (планшайбу), а когда кожух откинут, то станок не должен отключаться.

Конструкция передвижных ограждений, используемых на фрезерных станках, зависит от типа станка и способа обработки детали. На вертикально-фрезерных станках с закреплением деталей на подвижном столе защитное ограждение обычно выполняют поворотными (рисунок 1.5).

На универсально-фрезерных станках защитное ограждение выполняют в виде поворотных и складывающихся экранов (рисунок 1.6).

Такие защитные экраны не должны ограничивать технологические возможности станка и вызывать неудобства при работе, уборке и наладке. При необходимости защитные экраны следует снабжать рукоятками, скобами для удобства открывания и закрывания, снятия, перемещения и их установки. Крепление защитных устройств должно быть надежным, исключающим случайное самооткрывание.

При обслуживании кузнечно-прессового оборудования часто обрабатываемую заготовку оператор удерживает двумя руками, находящимися вне опасной зоны. Для безопасной работы с прессами их снабжают специальными передвижными ограждениями 2 (рисунок 1.7).

Изменение положения этого защитного устройства осуществляется с помощью специального привода, который может быть выполнен от перемещающегося рабочего органа (например, молота), индивидуальным или ручным.

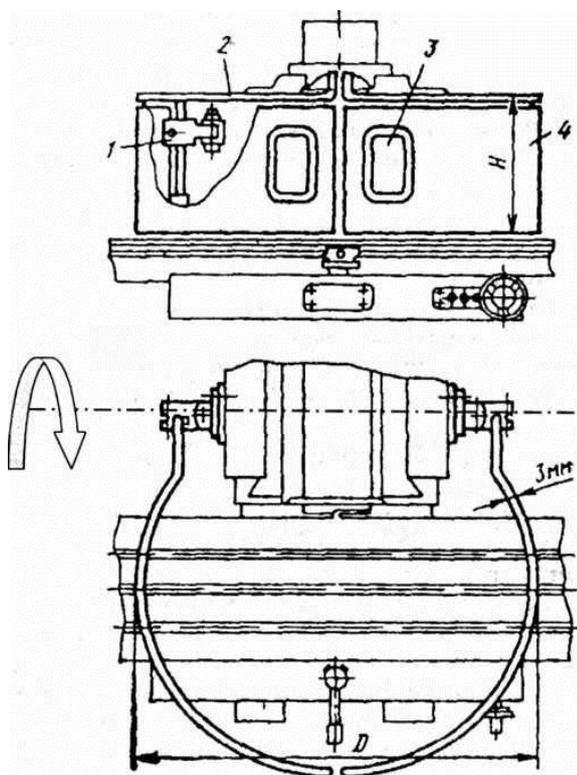


Рисунок 1.5 Поворотное ограждение вертикально-фрезерного станка.
1 - петля; 2 - кронштейн; 3 - смотровое окно; 4 - защитный экран (шторка)

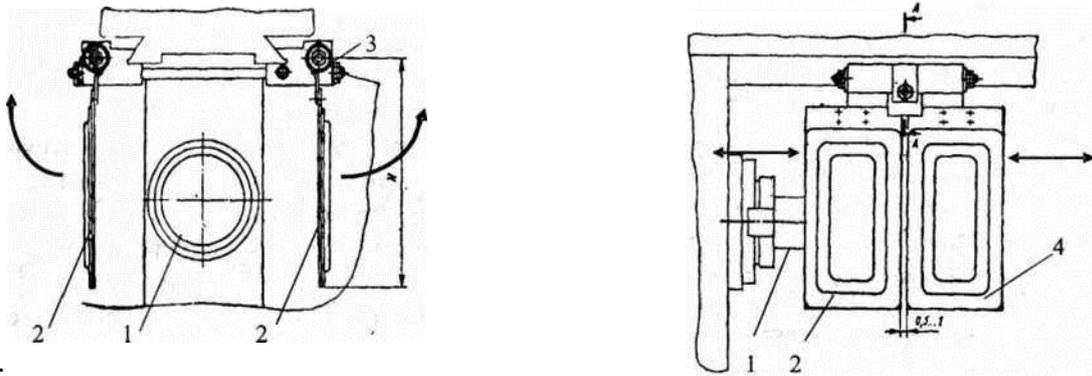


Рисунок 1.6 Защитный экран универсального фрезерного станка: 1 - шпиндель; 2 - защитный экран; 3 - шарнир; 4 – смотровое окно.

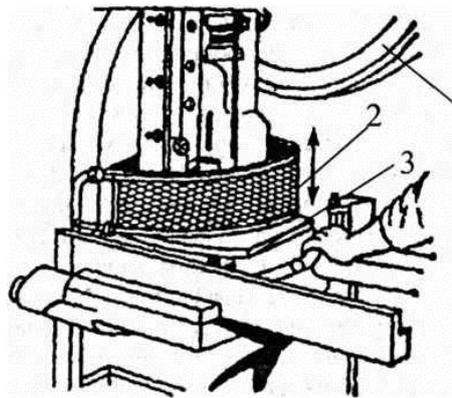


Рисунок 1.7 Передвижное защитное ограждение прессы:
1 - приводной шкив (маховик); 2 - защитное ограждение; 3 - подвижный стол

Привод от рабочего органа применяют на прессах с небольшой частотой хода его подвижной части (не более 16 ходов в минуту). В этом случае подвижное ограждение перемещается вместе с подвижной частью (молотом), поэтому положение рук и специального инструмента, удерживающих заготовку, должно быть таким, чтобы они не входили в контакт с опускающимся ограждением. Иногда при обработке деталей сложной формы допускается работать без защитного ограждения, но с обязательным соблюдением правил безопасной работы, изложенных в инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию используемого прессы.

При частоте движения рабочего органа 50 ходов и более увеличивается и скорость движения подвижного защитного ограждения, и оно может привести к травмированию оператора самой решеткой. В этом случае подвижное ограждение должно иметь индивидуальный привод, при котором можно регулировать не только скорость опускания решетки ограждения, но и ее амплитуду. Такой тип привода наиболее часто используется при крупносерийном производстве деталей машин.

В условиях индивидуального производства наиболее распространен ручной привод этих защитных устройств. Устройства с ручным приводом целесообразно применять на станках с небольшими усилиями, необходимыми для перемещения подвижных ограждений, а также при небольших их габаритах и массах.

Во всех случаях, когда возможно применение устройств с индивидуальным приводом взамен устройств с ручным приводом, предпочтение следует отдавать первым, так как применение устройств с ручным приводом способствует утомляемости оператора.

В сельскохозяйственном производстве большой объем строительных работ выполняется с использованием различного по назначению деревообрабатывающего оборудования, опасного с точки зрения травматизма. Это оборудование должно иметь

защитные ограждения, исключаящие: опасное соприкосновение человека с движущимися элементами и режущим инструментом; вылет режущего инструмента, обрабатываемых заготовок или отходов; возможность травмирования людей при установке и смене режущего инструмента. Для безопасного обслуживания этого оборудования рабочая часть режущих инструментов (пил, фрез, ножевых головок и т.п.) должны закрываться автоматически действующим подвижным ограждением (рисунки 1.8, 1.9), открывающимся во время прохождения обрабатываемого материала или инструмента.

Подвижные ограждения режущих инструментов металлорежущих и деревообрабатывающих станков, которые необходимо открывать для замены обработанной детали, правки инструмента или проведения ремонтных работ, должны быть заблокированы с пусковыми и тормозными устройствами. Блокировочные устройства могут быть механическими, электромеханическими, электрическим, фотоэлектрическими и других типов.

Механическая блокировка исключает открытие или снятие ограждения без остановки рабочей машины. Например, для снятия ограждения необходимо расфиксировать его крепление с корпусом машины, а это приведет к отключению привода машины. При снятом ограждении невозможно переместить рычаг ее включения и включить привод машины.

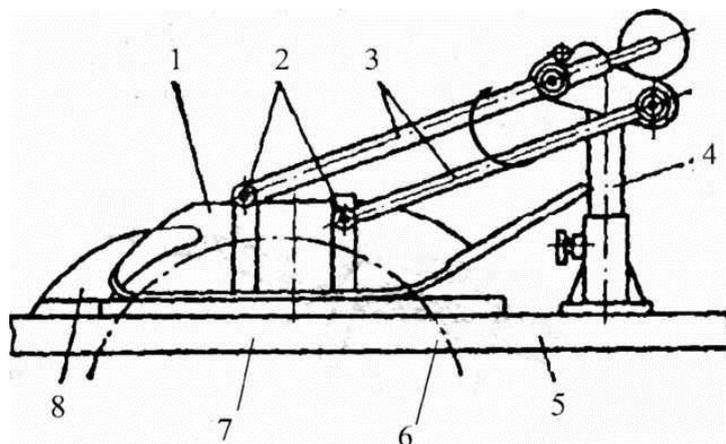


Рисунок 1.8 Оградительное устройство тильного диска с рычажным приводом:

1 – кожух; 2 – шарниры; 3 – рычаги; 4 – стойка; 5 – стол станка; 6 – тильный диск 7 – заготовка; 8 – расклинивающий нож.

Электромеханическая блокировка заключается в том, что оператор, поворачивая, например, рукоятку дверцы, размыкает электрическую цепь, и привод машины обесточивается. Чтобы снова включить машину в работу, нужно вначале закрыть дверцу и повернуть рукоятку, фиксирующую дверцу в закрытом положении. На рисунке 1.9 показана электромеханическая блокировка передвижного ограждения, применяемая для предотвращения ошибочного пуска механизма привода машины при открытом защитном ограждении. Ограждение А снабжено изоляционной колодкой 1 с вмонтированной в нее металлической скобой 2. Корпус оборудования Б снабжен заглубленными в изоляционной колодке контактами 3 с присоединенными к ним проводами. При установке ограждения на место штыри скобы 2 входят в заглубление и замыкают контакты электрической цепи, обеспечивая тем самым возможность пуска привода оборудования. При снятом ограждении электрическая цепь разомкнута, и пуск привода невозможен.

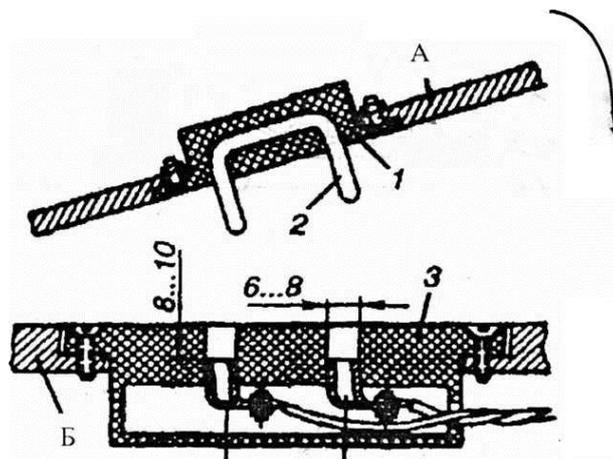


Рисунок 1.9. Блокировочное электромеханическое устройство поворотного ограждения

Электрическая блокировка применяется в электроустановках с напряжением 500 В и выше, а также в различных видах технологического оборудования с электроприводом. Она обеспечивает возможность включения оборудования только при наличии ограждения. Обычно в ограждение встраивают один из контактов концевого выключателя, поэтому при открытом или снятом ограждении электрическая цепь системы разомкнута.

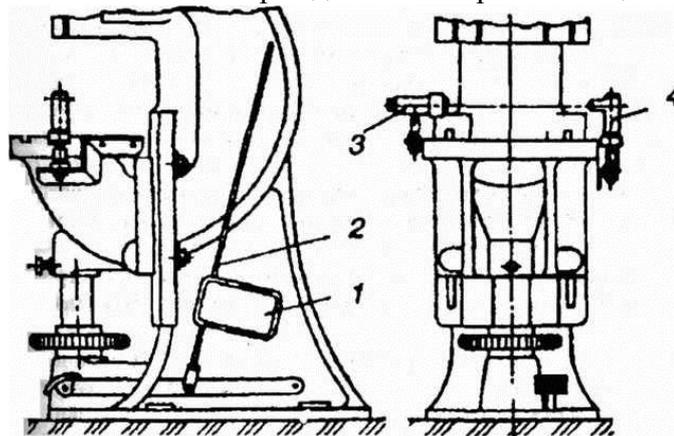


Рисунок 1.10 Схема фотоэлектрической блокировки

Фотоэлектрическая блокировка основана на принципе преобразования в электрический сигнал светового потока, падающего на фотоэлемент (фотосопротивление). Если опасную зону оградить световыми лучами, то пересечение луча вызывает изменение фототока и приводит в действие исполнительные механизмы защиты или отключения установки.

На рисунке 1.10 приведена схема фотоэлектрической блокировки прессы. На тяге 2 педали установлен блокировочный электромагнит 1. Справа и слева от рабочего стола прессы расположены фотоэлементы 4 и осветитель фотореле 3. Если световой луч падает на фотоэлемент, включение прессы путем нажатия на педаль возможно, так как цепь замкнута. Если в рабочей зоне оказалась рука рабочего, световой поток прерывается, цепь размыкается, и педаль не срабатывает.

1.2.2 Требования к подвижным защитным ограждениям

1. Подвижные ограждения в защитном положении должны фиксироваться от самопроизвольного перемещения, подъема или поворота.

2. Перемещение или поворот подвижного ограждения из защитного положения при работе оборудования должны приводить к его останову с помощью автоматической блокировки.

3. Автоматическая блокировка должна обеспечивать работу оборудования только при защитном положении ограждения и не должна использоваться для включения и выключения оборудования при его работе

4. Подвижное ограждение, открываемое вверх, не должно приводить к загрязнению пола смазочно-охлаждающей жидкостью, а также должно удерживаться в открытом положении.

5. Подвижные защитные ограждения оборудования, требующего постоянного визуального контроля, должны быть прозрачными или сетчатыми

Допускается устройство в ограждении смотровых окон из прозрачного материала, которые не должны уменьшать защитную функцию ограждения.

1.2.3 Определение геометрических размеров подвижных защитных ограждений

Геометрические размеры подвижных ограждений определяют по аналогии со стационарными. Форма подвижного ограждения может несколько отличаться от очертания ограждаемого рабочего органа (например, вращающейся детали, установленной в патроне токарного станка, вращающейся дисковой пилы и т.п.), так как необходимо учитывать перемещение режущего инструмента (в токарном станке) или самой заготовки (деревообрабатывающий станок). Габаритные размеры таких ограждений должны учитывать свободный отвод отходов, образующихся при работе станков (стружка при работе металлорежущих станков или опилки при работе дисковых пил и т. п.). Кроме этого, габаритные размеры передвижных ограждений не должны препятствовать их перемещению или повороту, т. е. необходимо учитывать траекторию движения ограждения при его перемещении или повороте.

Для визуального контроля за технологическим процессом подвижное ограждение снабжают смотровыми окнами. Геометрические размеры смотровых окон выбирают так, чтобы работающий со своего рабочего места мог наблюдать не только зону обработки заготовок, но и место схода или скопления отходов (стружки, опилки и т. д.) практически без изменения положения головы.

1.2.4 Расчет подвижных ограждений на прочность

В случае наличия в подвижном ограждении смотровых окон, как правило изготавливаемых из органического, а в наиболее ответственных ограждениях из закаленного двухслойного стекла, необходимо проверить прочность самих смотровых окон.

Расчет на прочность смотровых окон рассмотрим на примере передвижного ограждения токарно-винторезного станка (рисунок 1.4). Схема защитного ограждения приведена на рисунке 1.11.

Рассмотрим воздействие на смотровое окно разрушавшейся детали или другого рабочего органа (например, резца при обработке заготовки шкива ременной передачи). При этом анализируем наиболее опасный случай воздействия – удар в центр смотрового стекла.

Ударная нагрузка определяется величиной центробежной силы

$$F_{цб} = m\omega^2 R_{цт} \quad \text{или} \quad F_{цб} = \frac{m\vartheta_o}{R_{цт}} \quad (1.4)$$

где ω – угловая скорость вращающейся детали, рад/с

ϑ_o – окружная скорость вращающейся детали, м/с;

$R_{цт}$ – радиус центра тяжести оторвавшейся части, м.

Во время удара разрушившейся части о смотровое стекло защитного ограждения будет совершена работа центробежной силы $F_{цб}$ на расстоянии $(r + f_{\delta} + \lambda_{\delta})$, которая перейдет в потенциальную энергию деформации материала смотрового окна f_{δ} и упругой прокладки λ_{δ} , через которую закреплено стекло в корпусе.

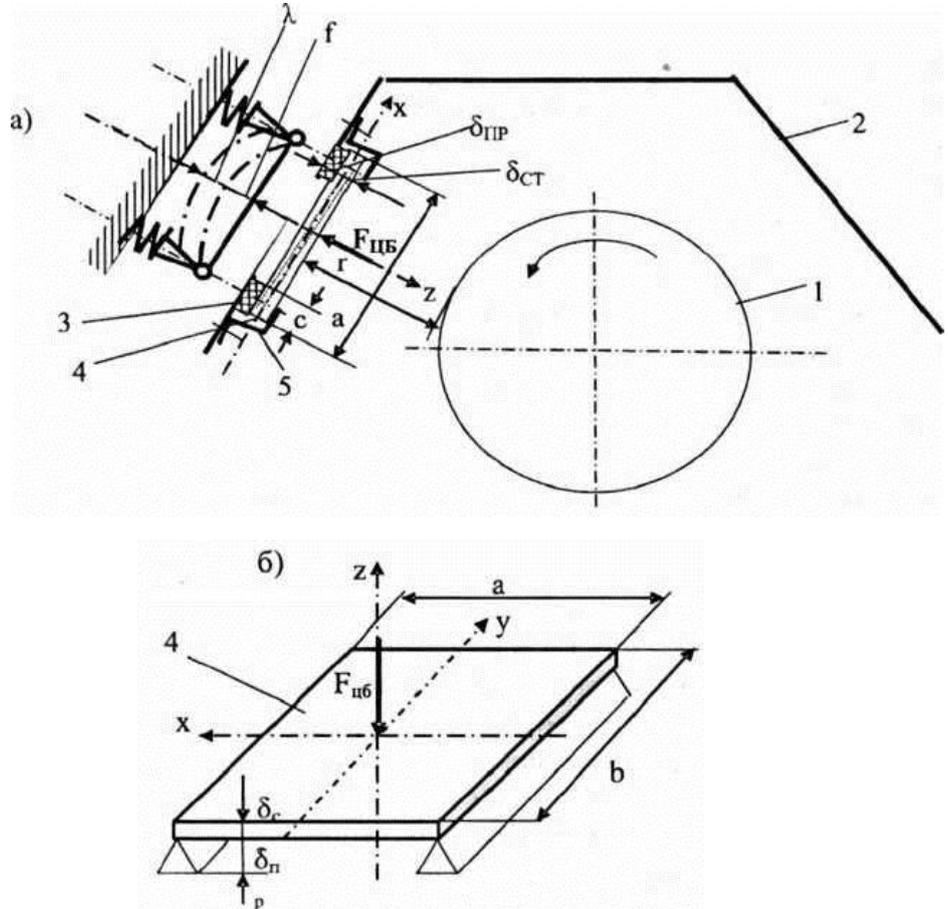


Рисунок 1.11 К расчету смотрового окна передвигного защитного ограждения токарно-винторезного станка:

1 - обрабатываемая деталь; 2 - ограждение; 3 прокладка; 5 - стекло

$$A = F_{цб} (r + f_{\delta} + \lambda_{\delta}) = m\omega^2 R_{цт} (r + f_{\delta} + \lambda_{\delta}), \quad (1.5)$$

где r – расстояние полета оторвавшейся части до удара о защитное ограждение, равное радиальному зазору между вращающейся деталью и ограждением, м;

f_{δ} – перемещение точки (сечения) упругой системы (смотрового стекла), по которой ударяет оторвавшаяся часть (индекс «д» указывает, что перемещение или прогиб смотрового стекла вызвано динамической нагрузкой), м;

λ_{δ} – деформация упругой прокладки, вызванное ударом, м.

Составим выражение для потенциальной энергии деформации упругой системы (смотрового окна и упругой прокладки). Для этого воспользуемся теоремой Клайперона

$$U = \frac{F_{цб} (f_{\delta} + \lambda_{\delta})}{2} \quad (1.6)$$

Совместный анализ этих выражений позволяет установить зависимость для определения динамического коэффициента или коэффициента удара

$$\kappa_{\delta} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2r}{f_{ст.уб} + \lambda_{ст.уб}}} \quad (1.7)$$

В этой формуле величина r – это расстояние полета оторвавшейся части до соударения ее с защитным кожухом. В соответствии с формулой, за время полета оторвавшейся частью совершается работа больше, чем на деформацию кожуха и упругой прокладки, т.к. последние значительно меньше: Практически же вся работа идет на деформацию кожуха ограждения и упругой прокладки, поэтому по аналогии с единичной силой, примем $r = 1$ мм, т.е. пренебрегаем потерями энергии, затраченной на полет оторвавшейся части до встречи ее со смотровым стеклом.

Определим деформации смотрового стекла и упругой прокладки от статического действия центробежной силы.

Деформацию смотрового стекла, как уже отмечалось выше, рассмотрим для наиболее опасного случая удара оторвавшейся части в центр смотрового окна и двухопорного его закрепления в корпусе защитного ограждения (рисунок 1.11). В случае свободного закрепления смотрового стекла по всему периметру все деформации корпуса подвижного ограждения будут передаваться на смотровое стекло, а поскольку оно часто является хрупким, то в нем возможно появление трещин и снижение защитных свойств. Кроме этого, при таком закреплении смотрового окна жесткость его повысится, а величина прогиба уменьшится в сравнении с двухопорным закреплением. Поэтому если мы обеспечим прочность смотрового стекла при двухопорном закреплении, то при свободном его закреплении по всему периметру запас прочности смотрового стекла будет еще больше.

Для случая закрепления смотрового стекла величину его деформации (прогиб) можно определить по известной формуле

$$f_{ст.уб} = \frac{F_{уб} a^3}{48 E_{ст} I_x} \quad (1.8)$$

где $I_x = \frac{a \cdot \delta^3}{12}$ – момент инерции поперечного сечения смотрового стекла относительно оси x , m^4 ;

$E_{ст}$ – модуль упругости материала смотрового стекла (см. таблицу 1.2).

Величину деформации упругой прокладки смотрового стекла определим, используя закон Гука

$$\lambda_{ст.уб} = \frac{F_{уб} \delta_{np}}{A \cdot E_{np}} \quad (1.9)$$

где – $A = 2cb$ - площадь контакта упругой прокладки со смотровым стеклом, mm^2 ;
 c - ширина контакта с прокладкой (ширина прокладки $c=2-3$ мм);
 E_{np} - модуль упругости материала прокладки, МПа.

В качестве прокладок, устанавливаемых между смотровым стеклом и корпусом ограждения, рекомендуют использовать органическую маслостойкую резину марки ОМБ. Модуль упругости для этой резины определяется по эмпирической формуле с учетом соотношения ширины прокладки – c и ее толщины – δ_{np}

$$E_{np} = 4 \cdot \left(1 + \frac{c}{\delta_{np}}\right).$$

Таблица 1.2 Механические характеристики материалов смотровых окон

Материал	Модуль упругости – E, МПа	Допускаемые напряжения – [σ], МПа	Коэффициент Пуассона – μ
Оргстекло «СОЛ»	$2,7 \cdot 10^3$	120	0,3
Оргстекло «СТ-1»	$2,9 \cdot 10^3$	140	0,3
Оргстекло «2-55»	$3,5 \cdot 10^3$	140	0,3

В дополнение отметим, что величина k_d снижается с увеличением суммарного перемещения от статического действия, центробежной силы оторвавшейся части ($f_{ст.цб} + \lambda_{ст.цб}$). Следовательно, суммарная величина этого перемещения зависит не только от величины прогиба смотрового стекла – $f_{ст.цб}$, но и от деформации упругой прокладки – $\lambda_{ст.цб}$. Поэтому для смягчения удара следует выбирать более мягкую (например, резиновую) прокладку.

Таким образом, прогиб смотрового стекла, вызванный действием ударной нагрузки вследствие удара о стекло оторвавшейся части обрабатываемой в станке детали, есть прогиб смотрового стекла от статического приложения центробежной силы оторвавшейся части, умноженный на динамический коэффициент

$$f_{\delta} = f_{ст.цб} \cdot K_{\delta} \quad (1.10)$$

Линейная связь между силами, действующими на смотровое стекло, и ее деформациями, позволяет сделать вывод, что не только силы, но и напряжения в упругой системе от действия ударной нагрузки во столько же раз больше напряжений, возникающих в материале стекла при статическом приложении такой же по величине нагрузки, во сколько раз суммарные динамические перемещения больше статических, т.е.

$$\sigma_{\delta} = K_{\delta} \sigma_{ст} \quad (1.11)$$

Следовательно, прочность смотрового окна передвижного или другого защитного ограждения должна удовлетворять условию

$$\sigma_{\delta} = K_{\delta} \sigma_{ст} \geq [\sigma] \quad (1.12)$$

При этом напряжения, возникающие в материале смотрового стекла от статического действия центробежной силы, определяются из выражения, полагая, что смотровое стекло – это двухопорная балка.

$$\sigma_{ст} = \frac{M_{из.маx}}{W_x} \quad (1.13)$$

где $M_{из.маx} = 0,25 F_{цб} \cdot a$ – максимальный изгибающий момент, действующий на смотровое окно, Нм;

$$W_x = \frac{a \cdot \delta_{ст}^2}{6} \text{ – момент сопротивления поперечного сечения смотрового стекла, м}^3.$$

Сделать вывод о безопасности использования стекла (его прочности)

Задание. Определить прочность смотрового стекла токарновинторезного станка при следующих исходных данных: толщина стекла $\delta_{ст} = \underline{\hspace{1cm}}$ мм; материал – » (см. таблицу 1.2); частота вращения шпинделя станка – $n = \underline{\hspace{1cm}}$ об/мин; масса обрабатываемой детали – $m = \underline{\hspace{1cm}}$ г; расстояние центра тяжести детали до оси вращения шпинделя в момент вырыва детали из патрона – $R_{цт} = \underline{\hspace{1cm}}$ мм; размеры смотрового стекла $a = \underline{\hspace{1cm}}$ мм, $b = \underline{\hspace{1cm}}$ мм.

№ Варианта	Толщина стекла, мм	Материал (оргстекло)	Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	Масса детали, г	Расстояние центра тяжести до оси вращения шпинделя, мм	Размеры смотрового стекла, a x b, мм
1	2	СОЛ	800	100	10	150 x 80
2	3	СТ-1	900	150	11	90x150
3	4	2-55	1000	200	15	90x170
4	2	СОЛ	1100	250	16	100x150
5	3	СТ-1	1200	300	17	100x200
6	4	2-55	1300	350	20	150 x 80
7	2	СОЛ	1400	400	21	90x150
8	3	СТ-1	800	100	22	90x170
9	4	2-55	900	150	10	100x150
10	2	СОЛ	1000	200	11	100x200
11	3	СТ-1	1100	250	15	150 x 80
12	4	2-55	1200	300	16	90x150
13	2	СОЛ	1300	350	17	90x170
14	3	СТ-1	1400	400	20	100x150
15	4	2-55	1000	100	21	100x200
16	2	СОЛ	1100	150	22	150 x 80
17	3	СТ-1	1200	200	10	90x150
18	4	2-55	1300	250	11	90x170
19	2	СОЛ	1400	300	15	100x150