

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭРГОНОМИКА И ДИЗАЙН.  
ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по аграрному техническому образованию  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по специальности 1-36 12 01 «Проектирование  
и производство сельскохозяйственной техники»*

Минск  
БГАТУ  
2023

УДК 331.101.1:631.3(07)  
ББК 30.17я7  
Э74

Составители:

кандидат технических наук, доцент *В. Н. Еднач*,  
кандидат технических наук, доцент *П. В. Авраменко*,  
кандидат педагогических наук, доцент *Н. Г. Серебрякова*,  
старший преподаватель *А. В. Гуд*

Рецензенты:

кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»  
Белорусского национального технического университета  
(кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой *А. С. Гурский*);  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры проектирования  
информационно-компьютерных систем  
УО «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники» *В. Е. Галузо*

Э74 **Эргономика и дизайн. Практикум : учебно-методическое пособие /**  
сост.: В. Н. Еднач [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – 140 с.  
ISBN 978-985-25-0211-5.

Содержит лабораторные и практические работы, в которых изложены методики выбора, проектирования, установки и расположения элементов конструкции кабины оператора, органов управления, панели приборов. Рассмотрены основные классы задач эргономики и дизайна и современные технологии их решения.

Для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники».

УДК 331.101.1:631.3(07)  
ББК 30.17я7

ISBN 978-985-25-0211-5

© БГАТУ, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	
1.1. Определение параметров кресла оператора самоходной сельскохозяйственной машины.....	5
1.2. Разработка панелей приборов сельскохозяйственных машин .....	12
1.3. Компоновка рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины.....	28
1.4. Выбор органа управления сельскохозяйственной машины (оборудования).....	40
1.5. Пульты управления. Общие эргономические требования.....	57
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	
2.1. Анализ комфортабельности сельскохозяйственных машин .....	66
2.2. Определение антропометрических характеристик человека, используемых при проектировании сельскохозяйственной техники .....	96
2.3. Анализ компоновки рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины .....	107
2.4. Внешняя информативность сельскохозяйственных машин .....	117
2.5. Анализ конструкции сельскохозяйственных машин средствами композиции .....	123
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	127
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	128

## **ВВЕДЕНИЕ**

Любая техника, созданная человеком для работы, должна не только качественно осуществлять технологический процесс, но и оптимально поддерживать работоспособность человека, который ею управляет. Одной из наиболее актуальных задач является задача согласования конструкции машины в той части, которая связана с человеком, с его психологическими и физиологическими характеристиками.

Учебно-методическое пособие посвящено изучению эргономики и дизайна сельскохозяйственных машин, которые должны способствовать выполнению оператором своих обязанностей, а также соответствовать условиям эксплуатации и отвечать всем предъявляемым к ним требованиям.

Издание составлено на основании стандартов СТБ и ГОСТ, используемых при проектировании сельскохозяйственной техники, а также материалов основных учебников по эргономике и дизайну, которые представлены в списке литературы.

# 1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## 1.1. Определение параметров кресла оператора самоходной сельскохозяйственной машины

**Цель работы:** разработать кресло оператора с учетом антропометрических данных.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные правовые акты (ГОСТ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы; сельскохозяйственный трактор/зерноуборочный комбайн; персональный компьютер.

**Задание для лабораторной работы:**

1. Изучить нормативно-технические требования, предъявляемые к креслам операторов.
2. Составить отчет с обоснованием выбранного технического решения из уровня техники (прилож. 1).
3. Подготовить конструкторскую документацию кресла оператора.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с теоретической частью, кратко законспектировать.
2. По индивидуальным параметрам вычертить эскиз кресла оператора трактора и нанести размеры (табл. 1.2).
3. Определить положение подголовника, нанести его на эскиз.
4. Определить положение валика, нанести его на эскиз.
5. Определить высоту установки кресла.
6. Определить пределы регулирования.
7. Создать трехмерные модели деталей кресла (спинка, подушка сиденья, подлокотник).
8. Создать рабочие чертежи деталей кресла на основании трехмерных моделей.
9. Создать трехмерную сборку кресла.
10. Создать сборочный рабочий чертеж кресла и спецификацию к нему.

### Общие положения

Кресло (сиденье) оператора управляющего машинно-тракторным агрегатом или самоходной сельскохозяйственной машиной отличается

от сидений, предназначенных для использования в домах и общественных местах (кресел, диванов, стульев и т. п.), прежде всего тем, что оно находится в движущемся объекте, который подвергается различным воздействиям динамического типа, и должно обеспечивать:

- удобную позу водителя и пассажира;
- благоприятное распределение давления на участки тела;
- защиту человека от вибрации и других динамических воздействий;
- передачу телу человека (водителя) необходимых динамических воздействий, чтобы он мог «чувствовать» автомобиль или трактор;
- фиксацию тела в определенном положении, несмотря на динамические воздействия, прежде всего горизонтальные;
- возможность изменения позы.

Материал обивки сиденья должен быть паропроницаемым, но в то же время обеспечивать необходимую термоизоляцию, обивка сиденья должна противостоять загрязнению, легко очищаться, быть износостойкой и не изнашивать одежду.

Требования во многом противоречивы и взаимно исключают друг друга, рациональное решение достигается в результате разумного компромисса.

Сиденье должно соответствовать стандартным требованиям пассивной безопасности, прежде всего должна быть обеспечена необходимая его прочность по ГОСТ Р 41.80–99 (Правила ЕЭК ООН № 80).

Удобная поза водителя и пассажира обеспечивается габаритными параметрами сиденья, формой и упругостью подушки сиденья и спинки. Основная нагрузка от веса сидящего человека приходится на сиделищные бугры – сравнительно большие зоны на ягодицах, которые приспособлены для восприятия значительного давления. В зависимости от наклона подушки сиденья и ее формы человек может занимать различное положение.

На рис. 1.1, *a* изображено положение таза водителя или пассажира при плоском сиденье. Вес верхней части корпуса создает на плече *l* вращающий момент, действующий на таз. При этом сиделищные бугры сползают вперед, а позвоночник неестественно изгибается. Стрелки показывают основные силы, сдвигающие тело человека.

На рис. 1.1, б изображено сиденье, имеющее опорный валик 1, который препятствует скольжению туловища вперед. Опора 2 в зоне поясницы поддерживает таз, он занимает анатомически правильное положение, и мышцы туловища расслабляются. Стрелки поясняют направление сил, удерживающих тело человека. Положительный эффект достигается также наклоном подушки сиденья спереди назад, тогда необходимый угол наклона зависит от высоты сиденья и положения бедер.

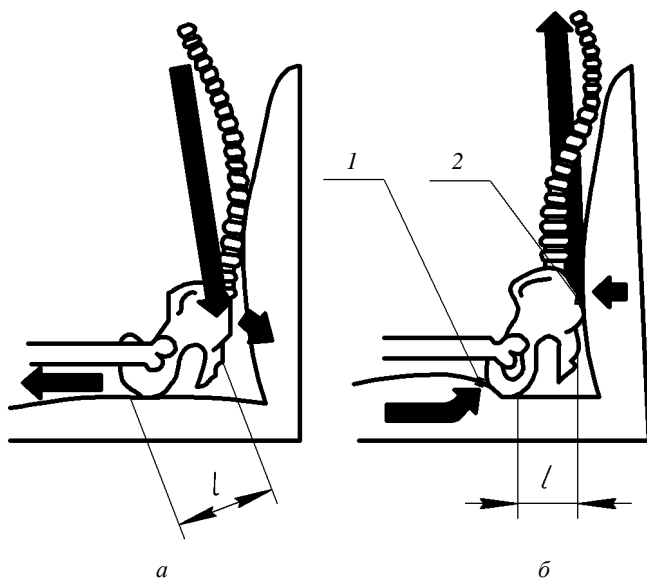


Рис. 1.1. Влияние профиля сиденья на положение позвоночника:

*a* – при плоском сиденье (скольжение есть);

*б* – при сиденье с опорным валиком (скольжения нет);

*1* – опорный валик; *2* – опора в зоне поясницы

Способность человека чувствовать давление на различные участки кожи называется тактильной чувствительностью. Когда человек занимает на сиденье правильное положение, основная вертикальная нагрузка приходится на сидельные бугры или располагается несколько впереди них. Здесь между костями таза и сиденьем находятся только кожа и жировая прослойка (мышечных волокон нет). Величина давления в этой зоне может составлять около 7 кПа.

В других местах подушки сиденья, с которыми соприкасается тело человека, давление должно быть существенно ниже.

На рис. 1.2 показаны эпюры распределения давления на спинку и подушку сиденья.

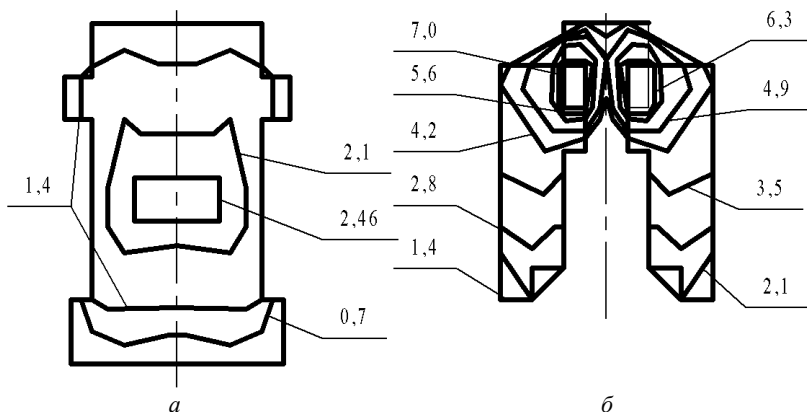


Рис. 1.2. Эпюры удовлетворительного распределения давления  $P$ , кПа, на спинку (а) и подушку (б) сиденья

Позвоночник человека имеет выгибы вперед (например, поясничный лордоз) и назад (например, кифоз в области лопаток). В области под лопатками нужно обеспечить поддержку спины, давление в этой зоне выше. В области крестца давление также может быть высоким, особенно если водитель с большой силой нажимает на педали. Такое распределение давления благоприятно.

Для удерживания тела от смещения в боковом направлении можно сделать форму сиденья вогнутой, чашеобразной, но такое сиденье, удобное, например, для гонщиков на соревнованиях типа ралли, при обычной езде сковывает движения и затрудняет изменение позы, что в итоге приводит к усталости. Поэтому для обычных машин ограничиваются тем, что в боковых частях подушки делают валики, которые не увеличивают существенно давление на внешние стороны бедер, но препятствуют боковому смещению тела при крутых поворотах. Вогнутая форма придается также и спинке.

Способность сиденья изолировать человека от динамических, прежде всего вибрационных, воздействий определяется упругостью



сиденья и способностью демпфировать колебания. Человек, сидящий на упругом сиденье, представляет собой колебательную систему. Эта система имеет определенную частоту собственных колебаний, и если эта частота совпадает с собственной частотой колебаний подрессоренной массы сельскохозяйственной машины или близка к ней, то возникает резонанс (резко возрастает амплитуда колебаний человека на сиденье). Амплитуда колебаний уменьшается с увеличением демпфирования колебательной системы. Если характеристика упругости подушки сиденья нелинейная, т. е. ее жесткость возрастает с увеличением сжимающей силы, то резонансные явления проявляются слабее. Свойства колебательной системы «человек–сиденье» удобно оценивать через величину статического прогиба, т. е. деформацию сиденья под действием веса человека. Статический прогиб однозначно связан с частотой собственных колебаний. В среднем для комфортабельных мягких сидений можно принять деформацию подушки от веса человека равной около 80 мм, для жестких спортивных сидений – около 45 мм.

Сиденья должны снабжаться подголовниками. Они играют важную роль в системе пассивной безопасности, и требования к ним оговариваются ГОСТ 24309–90 (Правила ЕЭК ООН № 25). Минимальная высота подголовника над точкой  $H$  (см. рис. 1.1, 1.3) при измерении под углом 250 должна составлять 700 мм. Ширина подголовника не должна превышать 170 мм, и он не должен смещаться назад под действием статической нагрузки 890 Н более чем на 102 мм. Кроме того, к подголовнику предъявляются определенные требования по энергопоглощающим свойствам.

Требования к сиденьям тракторов и сельскохозяйственных машин имеют специфические особенности, определяющиеся более суровыми условиями эксплуатации. Если водитель автомобиля постоянно держит руки на рулевом колесе и оно является опорой для рук, то оператор гусеничной машины при многих технологических операциях вовсе не должен постоянно держать руки на рычагах управления поворотом. Для рук нужна опора, поэтому тракторные сиденья снабжаются подлокотниками.

Основные параметры кресла оператора трактора приведены на рис. 1.3 и в табл. 1.1. Для обивки тракторных сидений обычно применяются синтетические материалы, чаще всего темных цветов.

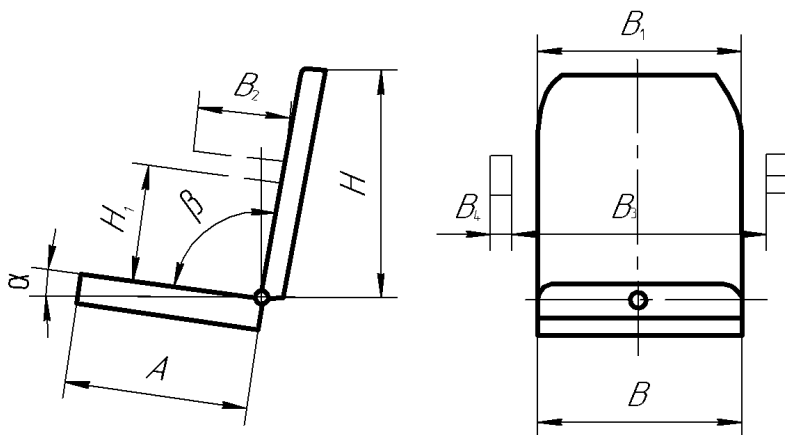


Рис. 1.3. Основные параметры кресла оператора трактора

Таблица 1.1

Основные параметры кресла оператора трактора

Параметры	Значения
Ширина подушки сиденья $B$ , не менее, мм	450
Глубина сиденья $A$ , мм	400
Высота опорной поверхности спинки $H$ , мм	350–400
Высота установки подлокотника относительно подушки сиденья $H_1$ , мм	200
Ширина спинки $B_1$ , мм	350–400
Длина подлокотника $B_2$ , не менее, мм	200
Расстояние между подлокотниками $B_3$ , не менее, мм	500
Ширина подлокотника $B_4$ , мм	50–100
Угол наклона подушки сиденья $\alpha$ , град.	5
Угол между подушками сиденья и спинки $\beta$ , град.	95–100

### Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 1.2) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 1.2

## Индивидуальные параметры кресла оператора трактора

Номер варианта	Ширина подушки сиденья $B$ , мм	Глубина сиденья $A$ , мм	Высота опорной поверхности спинки $H$ , мм	Высота установки подлокотника относительно подушки сиденья $H_1$ , мм	Ширина спинки $B_1$ , мм	Длина подлокотника $B_2$ , мм	Расстояние между подлокотниками $B_3$ , мм	Ширина подлокотника $B_4$ , мм	Угол наклона подушки сиденья $\alpha$ , град.	Угол между подушками сиденья и спинки $\beta$ , град.
1	450	400	350	200	350	200	500	50	5–7	97
2	452	405	355	202	354	210	501	55	6–10	95–100
3	454	410	360	204	358	220	502	60	5–10	95–105
4	456	415	365	206	362	205	503	65	7–12	95–110
5	458	420	370	208	366	215	504	70	5–14	95–115
6	460	400	375	210	370	225	505	75	6–12	95–120
7	462	405	380	200	374	200	506	80	6–14	95–100
8	464	410	385	202	378	210	507	85	7–10	95–105
9	466	415	390	204	382	220	508	90	7–14	95–110
10	468	420	395	206	286	205	509	95	5–7	95–115
11	470	400	400	208	390	215	510	100	6–10	95–120
12	450	405	350	210	394	225	500	50	5–10	95–100
13	452	410	355	200	398	200	501	55	7–12	95–105
14	454	415	360	202	400	210	502	60	5–14	95–110
15	456	420	365	204	350	220	503	65	6–12	95–115
16	458	400	370	206	354	205	504	70	6–14	95–120
17	460	405	375	208	358	215	505	75	7–10	95–100
18	462	410	380	210	362	225	506	80	7–14	95–105
19	464	415	385	200	366	200	507	85	5–7	95–110
20	466	420	390	202	370	210	508	90	6–10	95–115
21	468	400	395	204	374	220	509	95	5–10	95–120
22	470	405	400	206	378	205	510	100	7–12	95–100
23	450	410	350	208	382	215	500	50	5–14	95–105
24	452	415	355	210	286	225	501	55	6–12	95–110

## Контрольные вопросы

1. Чем характеризуют давление оператора на сидение?
2. Какое влияние оказывает профиль кресла на положение позвоночника?
3. Что предотвращает скольжение оператора на кресле?
4. Какова роль элементов сидения в колебательной системе?
5. Каким требованиям должен удовлетворять материал обивки кресла?

### 1.2. Разработка панелей приборов сельскохозяйственных машин

**Цель работы:** разработать панель приборов сельскохозяйственной машины.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные правовые акты (ГОСТ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы; сельскохозяйственный трактор/зерноуборочный комбайн; персональный компьютер.

#### **Задание для лабораторной работы:**

1. Изучить нормативно-технические требования, предъявляемые к компоновке панели приборов.
2. Скомпоновать панель управления самоходной машины. Составить отчет с обоснованием расположения индикаторов на панели (прилож. 1).

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно ознакомиться с содержанием учебно-методических материалов, нормативных актов.
2. Вычертить эскиз панели приборов, на котором отобразить расположение соответствующих индикаторов согласно индивидуальному заданию (табл. 1.5). Обозначить изображенные индикаторы и нанести основные размеры.
3. Составить отчет, в котором обосновать компоновку панели приборов.

## Общие положения

В процессе работы самоходной сельскохозяйственной машины необходимо постоянно и непрерывно регулировать с помощью органов управления траекторию движения, скорость – как самой машины, так и ряда рабочих органов, выполняющих технологический процесс, – на основе информации, которую получает водитель от объекта управления и окружающей среды через свои органы чувств. Основной канал получения этой информации – зрение. Значительная доля информации поступает к водителю от средств отображения информации. Средства отображения информации могут быть различными: аналоговые и цифровые приборы разных видов, дисплеи, сигнальные лампы, индикаторы, световые табло и др. Они должны быть расположены перед водителем в доступных для обзора местах на панели приборов.

На начальной стадии компоновки приборной панели решаются два вопроса: как расположить приборную панель и какую информацию она должна предоставлять водителю, т. е. какие средства отображения информации она должна содержать.

В сельскохозяйственных машинах приборная панель имеет множество элементов и может состоять из нескольких частей. Если количество отображаемых элементов невелико, приборная панель может располагаться за рулем. Однако в связи со спецификой работы сельскохозяйственных машин при применении навесных устройств, таких как жатки, консоль с приборной панелью будет значительно ограничивать видимость. Поэтому часто используется пространство слева и справа от рулевого колеса, на консоли под передней панелью кузова, а также в передней части потолка кабины. Световые индикаторы иногда помещают над панелью приборов, у нижней кромки переднего окна. Можно определить рациональное место размещения панели приборов с помощью какой-либо из современных графических компьютерных программ, но окончательное решение обычно принимается только после изготовления посадочного макета кабины.

При компоновке панели приборов следует руководствоваться действующими стандартами, касающимися размещения средств отображения информации (ГОСТ 12.2.019–2015). За исходную точку,

относительно которой проводятся построения при компоновке расположения приборной панели, принимается точка отсчета параметров обзорности  $K$ . Ее положение, в свою очередь, определяется относительно точки отсчета сиденья (рис. 1.4).

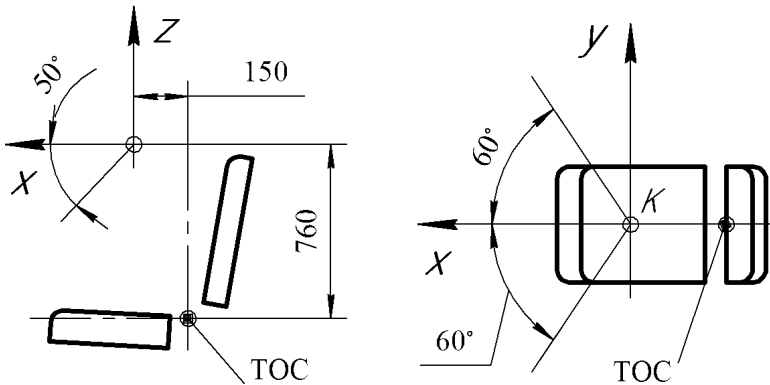


Рис. 1.4. Значения углов, определяющих зоны возможного расположения средств отображения информации

Расстояние от точки  $K$  до поверхности приборов, имеющих шкалы и буквенно-цифровой алфавит, должно находиться в пределах 500–850 мм.

Контрольно-измерительные приборы и другие средства отображения информации должны быть расположены в пределах зоны, ограниченной углами, показанными на рис. 1.4. В технически обоснованных случаях допускается расположение средств отображения информации и в других местах.

Оптические индикаторы могут применяться для передачи оператору большого количества информации с разных направлений.

Расположение оптических индикаторов определяется физиологическими и функциональными свойствами оператора и необходимостью в беспрепятственном обзоре.

В связи с тем, что поле зрения оператора ограничено, число одновременно наблюдаемых индикаторов тоже должно быть ограничено. Следует различать два вида оптических задач: обнаружения (рис. 1.5) и наблюдения (рис. 1.6). При обнаружении система предупреждает оператора, при наблюдении оператор активно ищет информацию.

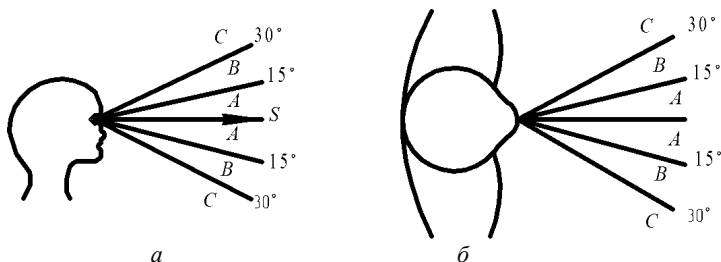


Рис. 1.5. Задача обнаружения сигнала:

*a* – вертикальное поле зрения; *б* – горизонтальное поле зрения;

*S* – ось зрения (направление указано для восприятия производственных сигналов)

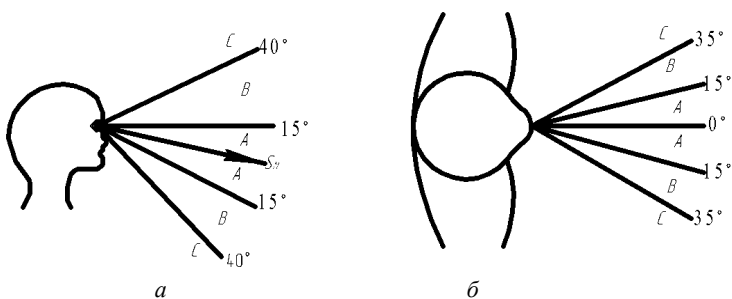


Рис. 1.6. Задача наблюдения сигнала:

$S_N$  – ось зрения с полем зрения от  $15^\circ$  до  $35^\circ$  по горизонтали

В любом случае конструктор должен не следовать исключительно предписаниям и правилам, а учитывать реальные компоновочные особенности машины. Панель приборов ни в коем случае не должна ограничивать внешнюю обзорность машины. Необходимо иметь в виду, что панель приборов может заслоняться от водителя рулем или рычагами.

Для узнавания оптического сигнала при решении задач обнаружения и контроля обозначены три области пригодности в порядке убывающей эффективности – «рекомендуется», «пригодно», «непригодно» (табл. 1.3). Линии раздела для областей «рекомендуется» и «пригодно» расположены в медиальной плоскости оператора и соответствуют направлению взгляда, как представлено на рис. 1.5, 1.6. При решении задач обнаружения направление взгляда зависит от центра внимательности. Для выполнения задач контроля индикаторы должны располагаться вдоль линии зрения ниже горизонтали, если

известно, что это удобнее для оператора. Углы *A*, *B* и *C*, указанные на рис. 1.5, 1.6, дают общие рекомендации по эргономике. Предполагается, что оператор имеет нормальное зрение и может занимать напряженное и стабильное положение (предпочтительно сидячее) вблизи индикаторов.

Таблица 1.3

Применение областей пригодности сигнала

Область пригодности сигнала	Применение
<i>A</i> – рекомендуется	Диапазон следует применять всюду, где это возможно
<i>B</i> – пригодно	Диапазон допускается применять, если рекомендуемый диапазон не может быть применен
<i>C</i> – непригодно	Диапазон применять не следует

Оптические индикаторы должны соответствовать областям пригодности «рекомендуется» и «пригодно», если конструктором не предусматриваются компенсаторные вспомогательные меры. Ими могут быть дополнительные индикаторы или другие приспособления, которые не требуют большого изменения положения корпуса оператора. Область «непригодно» должна применяться только для индикаторов, не вызывающих сомнения в надежности производственных сигналов.

Если для правильного пользования индикаторами имеет значение способность оператора к различению цветов, то применение области «пригодно» должно быть уменьшено, т. к. центральное поле зрения, где воспринимаются краски, меньше, чем поле зрения, где воспринимается белый цвет.

При функциональных взаимодействиях наиболее часто используемые и/или важнейшие индикаторы должны находиться в области естественной линии взгляда оператора (область *A*). Индикаторы менее важной информации должны размещаться в направлении внешних полей зрения (область *B* или, при необходимости, область *C*).

Конструкция должна предусматривать условия для повышения эффективности в достижении внимательности к индикаторам тревоги или предупреждающим индикаторам. Поскольку система зрительного



восприятия человека чувствительна к изменениям в видимом окружении, конструктор может, например, для предупреждения пользователя применить индикаторы с мигающим светом, так как их меняющееся состояние будет сразу зафиксировано. Мигающий свет должен иметь небольшую яркость, чтобы исключить репродуцирование в глазах оператора. Предпочтительно в качестве альтернативы совместить акустический индикатор с оптическим индикатором постоянного свечения с малой силой света.

Должен быть обеспечен свободный обзор индикаторов во всех рабочих положениях и для всех антропометрических характеристик потребителей. Для лучшего узнавания предпочтительно черно-белое изображение. При большой плотности знаков или поиске оператором определенной информации могут помочь цветные индикаторы.

Важным вопросом, который решает конструктор, является выбор конкретных приборов и других информационных устройств, которыми должна быть оборудована машина, и композиционный порядок, в котором эти устройства должны быть размещены на панели приборов в ограниченном пространстве информационного поля.

Основную зрительную информацию об обстановке, о подвижных и неподвижных ориентирах оператор получает извне. К приборам он обращается эпизодически, каждое обращение происходит за время 0,5–0,8 с, а общее время обращения обычно не превышает 1 % рабочего времени. Считывание информации протекает в условиях острого дефицита времени, причем с ростом динамичности технологического процесса этот дефицит увеличивается.

При каждом обращении к панели приборов водитель, не осознавая этого, решает поисковую задачу. Время ее выполнения зависит от следующих факторов:

- общего числа элементов информационного поля;
- плотности элементов информационного поля и характера фона;
- структуры информационного поля;
- маршрута движения глаз;
- разнообразия элементов информационного поля.

Одна из основных рекомендаций – число приборов, расположенных на панели, должно быть минимальным, но достаточным для выполнения технологического процесса.

Устройства не должны располагаться на панели приборов вплотную, они должны четко выделяться, даже если находятся под общим стеклом. Расстояние между отдельными устройствами должно быть достаточным для фиксации взгляда именно на этом устройстве. Фон приборной панели не должен отвлекать на себя внимание оператора.

Чтобы уменьшить время, которое водитель затрачивает на поиск нужного информационного устройства, целесообразно располагать различные приборы (индикаторы, сигнальные лампы и т. д.) на панели отдельными функциональными зонами. Например, сведения о режиме работы двигателя (частоте вращения коленчатого вала, температуре, давлении масла и др.) лучше получать от устройств, которые расположены вблизи друг от друга. Зону размещения можно выделить каким-либо дизайнерским приемом – обвести каймой, обозначить цветом и т. д. Структура информационного поля должна быть упорядочена.

Точка взгляда водителя перемещается по информационному полю скачками, и каждый такой скачок требует определенного времени. Поэтому желательно, чтобы нужную информацию водитель смог получить при коротком маршруте движения глаз по панели приборов. Не должно быть излишнего разнообразия элементов информационного поля, например не следует делать каждый прибор или ячейку табло своего размера.

Представляемая водителю на панели приборов информация может быть количественной и качественной.

*Количественная информация* (скорость движения автомобиля или трактора, частота вращения коленчатого вала двигателя, суммарный или суточный пробег и т. п.) оценивается числами. Такая информация может предоставляться водителю в аналоговой или цифровой форме. Пример аналогового представления информации – стрелочный прибор, цифрового представления – число на барабанчике суточного пробега. Таким образом, стрелочный прибор и цифровое информационное устройство предоставляют одинаковые сведения, однако воспринимаются они водителем по-разному.

*Качественная информация* показывает состояние объекта – «включено–выключено», «много–мало», «достаточно–недостаточно» (например, недостаточное давление в системе смазывания двигателя). Для такой информации подходят сигнальные лампочки, световые

индикаторы и т. п. Для получения точной количественной информации со стрелочного прибора человек должен сопоставить положение стрелки и деления на шкале и учесть число, которое этому делению соответствует. В результате процесс отображения информации в сознании человека имеет несколько стадий, что требует определенного времени. Предоставление информации цифровым устройством сразу дает некоторое число, следовательно человеку для ее восприятия требуется меньше времени, при этом исключаются ошибки, связанные с тем, что на стрелочном приборе стрелка может не вполне точно совпадать с делением шкалы и требуется некоторая интерполяция показаний прибора.

Если прибор отражает динамический процесс, например увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя при разгоне автомобиля (тахометр), то стрелка плавно перемещается по шкале и ее движение легко прогнозируется водителем, а цифровой прибор дает быстро меняющиеся числа, и уследить за их сменой невозможно. Стандарты предписывают, чтобы частота смены цифр не превышала двух в секунду. Весь разгон динамичного автомобиля на одной из низких передач не превышает нескольких секунд, поэтому цифровой прибор для такого использования непригоден. При стрелочном тахометре водитель периферическим зрением оценивает положение стрелки, не привязывая его к конкретным делениям шкалы, и этой информации ему достаточно. В то же время многие системы автомобиля и трактора меняют свое состояние медленно, но при этом желательна высокая точность их оценки. В этом случае целесообразно использовать цифровые устройства. В цифровой форме удобно представлять пробег автомобиля, отработанные дизелем мото-часы и др.

Устройства зрительной информации могут иметь различное оформление. Уже упоминались стрелочные приборы. Сигнальные лампочки и ячейки световых табло могут светиться или не светиться. Иногда используется дисплей, например на экране постоянно изображается шкала спидометра, занимая все его поле. Другая информация, в аналоговом или цифровом виде, появляется на экране в двух случаях: по вызову водителя, например нажатием кнопки, или принудительно – при выходе какого-либо контролируемого параметра за допустимые пределы. Чаще всего используется жидкокристаллический дисплей, но при низкой температуре он работает медленно.

Большой объем информации в режиме «да–нет» может быть представлен светящимися индикаторами, объединенными в табло или расположенными отдельно. На лицевую часть индикатора наносится условное обозначение, позволяющее идентифицировать индикатор и систему, к которой он относится. При большом числе контролируемых систем расположить индикаторы непосредственно на панели приборов обычно не удается, и тогда их помещают на отдельное табло, которое находится, например, на потолке кабины вблизи зеркала заднего вида. Водитель не смотрит в это место постоянно, и для привлечения его внимания в хорошо просматриваемом месте панели приборов размещают сигнальный знак, который вспыхивает (иногда мигающим светом) при каком-либо нарушении в работе одной из систем. Сигнал призывает водителя посмотреть на табло, а включившийся индикатор информирует о конкретном событии.

Сигнальные лампочки (или светодиоды) целесообразно использовать, если без дополнительных надписей можно понять, к чему относится ее сигнал. Так, если включилась красная лампочка на указателе количества топлива в баке, то водитель понимает, что топлива осталось мало.

Действующими стандартами и практикой установлено, что зеленый цвет сигнальной лампы или индикатора информирует о нормальном функционировании какой-либо системы, например о том, что включено наружное освещение автомобиля.

Желтый сигнал – предупреждающая информация, имеющая уведомительный характер. Он говорит о том, что требуется принятие каких-либо мер, но решение остается за водителем.

Красный сигнал индикатора – аварийный, он требует принятия немедленных мер или запрещает какое-либо действие. Такой сигнал информирует, например, о недопустимом падении давления масла в смазочной системе двигателя, об отказе одного из контуров тормозной системы и т. п.

Набор средств отображения информации на сельскохозяйственной самоходной машине определяется теми технологическими задачами, для выполнения которых она предназначена и которые обеспечивают ее функционирование.

Средства отображения информации, размещаемые на панели приборов, классифицируются по иерархическим признакам. Учитываются два основных фактора – обязательность или необязательность приме-

нения с точки зрения стандартов и правил и скорость изменения параметра, который отражается данным прибором. Последнее обстоятельство позволяет разделить все средства отображения информации на приборы постоянного и периодического пользования.

Чтобы сократить время, которое водитель тратит на поиск и оценку нужной информации, на стрелочных приборах целесообразно выделять зоны, характеризующие то или иное состояние объекта контроля. Например, на тахометре обычно выделяется зона недопустимо высокой частоты вращения коленчатого вала. Кроме того, на этой шкале целесообразно выделить зону, в которой возможно включение дополнительного оборудования, и зону, соответствующую нормальной работе. Зоны чаще всего обозначаются цветными полосами (зеленой – для зоны экономичной работы; красной – для зоны опасно высокой частоты вращения вала двигателя).

В целом панель приборов позволяет водителю создать информационную модель объекта управления и оценить его работу.

#### *Выбор индикаторов для различных задач*

Выбор индикаторов зависит от их применения, особенно в части главной задачи. Допускается проводить три вида наблюдений, которые часто требуются одновременно:

- считывание измеряемого значения;
- контрольное считывание;
- наблюдение за колебаниями измеряемой величины.

Считывание измеряемого значения (количественное наблюдение) является задачей восприятия, при котором показанное значение понимается. При этом предполагается, что скорость изменения значения достаточно мала, чтобы считывание было точным.

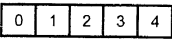
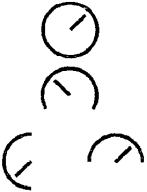

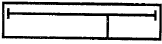

Контрольное считывание является задачей, при которой за короткое время проверяется, соответствует ли показанное значение заранее установленному или находится ли значение внутри поля допуска.

При наблюдении за колебаниями измеряемого значения определяется направление и скорость изменения значения. Этот вид наблюдения является типичным для задачи управления.

Не все индикаторы пригодны для решения упомянутых задач восприятия. В табл. 1.4 даны рекомендации по применению индикаторов. С ее помощью можно выбрать индикаторы, уменьшающие ошибки восприятия и обеспечивающие быструю идентификацию, что облегчает правильное решение задачи восприятия.

Таблица 1.4

Пригодность оптических индикаторов для различных задач восприятия

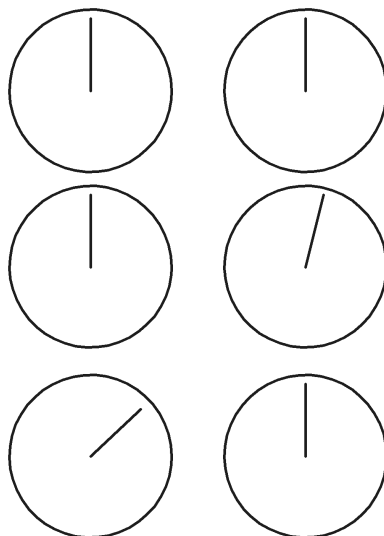
Тип индикатора	Задача восприятия			
	Отсчет измеряемой величины	Контрольное считывание	Наблюдение за колебаниями измеряемой величины	Комбинация задач восприятия
Цифровые индикаторы 	Рекомендуется	Не подходит	Не подходит	Не подходит
Аналоговые индикаторы  Шкала 360°; 270°; 180° 	Подходит	Рекомендуется	Рекомендуется	Рекомендуется
Шкала 90° 	Подходит	Рекомендуется	Подходит	Подходит
Горизонтальная шкала   Вертикальная шкала 	Подходит	Подходит	Подходит	Подходит

Выбор горизонтальных или вертикальных линейных шкал определяется совместимостью с видом управляющего движения, изменяющего измеряемые величины. Если, например, измеряемой величиной является уровень, то рекомендуется вертикальная шкала.

Если управление движением осуществляется в горизонтальной плоскости (влево и вправо), то применяется горизонтальная шкала. Если управление движением осуществляется в вертикальной плоскости (вверх и вниз), то применяется вертикальная шкала.

### *Группировка индикаторов*

Для того чтобы по возможности упростить обнаружение аномальных состояний, индикаторы должны быть расположены так, чтобы в нормальном состоянии все стрелки имели одинаковое угловое положение (рис. 1.7).



*Рис. 1.7.* Группировка стрелочных индикаторов для повышения реакции обнаружения отклонений

Рекомендуется применять интегрированные аналоговые индикаторы. Аналоговые индикаторы особенно пригодны для объединения различных шкал с целью одновременного считывания показаний и повышения реакции.

При необходимости считывания показаний в заданной последовательности или в случае, если индикаторы связаны с пронумерованными машинами, они должны располагаться в том же порядке, слева направо и сверху вниз на приборном щите. При плотном расположении

индикаторов (например, на приборном щите) конструктор должен исключать возможность путаницы с помощью цветных отметок, расположения (например, группировки) и других мер.

### Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 1.5) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 1.5

Элементы панели приборов сельскохозяйственной машины

Номер варианта	Элементы панели приборов сельскохозяйственной машины				
1	Указатели сигналов поворотов	Указатель включения габаритов	Указатель замены топливного фильтра	Указатель открытой и неплотно закрытой двери	Указатель низкого давления масла в двигателе
2	Указатель зарядки аккумуляторной батареи	Указатель низкого уровня топлива	Указатель открытой и неплотно закрытой двери	Указатели сигналов поворотов	Указатель вариатора скорости
3	Указатели сигналов поворотов	Указатель включения габаритов	Указатель замены топливного фильтра	Указатель низкого уровня топлива	Указатель открытой и неплотно закрытой двери
4	Указатель открытой и неплотно закрытой двери	Указатель низкого давления масла в двигателе	Указатель вариатора скорости	Указатель зарядки аккумуляторной батареи	Указатель ближнего света
5	Указатели сигналов поворотов	Указатель вариатора скорости	Указатель дальнего света	Указатель ближнего света	Указатель блокировки дифференциала



Номер варианта	Элементы панели приборов сельскохозяйственной машины				
6	Указатель ближнего света	Указатели сигналов поворотов	Указатель включения ВОМ	Указатель блокировки дифференциала	Указатель дальнего света
7	Указатель дальнего света	Указатель вариатора скорости	Указатели сигналов поворотов	Указатель ближнего света	Указатель стояночного тормоза
8	Указатель блокировки дифференциала	Указатель включения ВОМ	Указатель стояночного тормоза	Указатели сигналов поворотов	Указатель дальнего света
9	Указатель стояночного тормоза	Указатель включения насоса гидро-системы	Указатель ближнего света	Указатель вариатора скорости	Указатели сигналов поворотов
10	Указатель включения ВОМ	Указатель оборотов двигателя	Указатель включения насоса гидро-системы	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель дальнего света
11	Указатель оборотов двигателя	Указатель давления масла ДВС	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель блокировки дифференциала	Указатель вариатора скорости
12	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель оборотов двигателя	Указатель включения насоса гидро-системы	Указатель замены топливного фильтра	Указатель стояночного тормоза

Номер варианта	Элементы панели приборов сельскохозяйственной машины				
13	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель давления масла ДВС	Указатель замены топливного фильтра	Указатель включения ВОМ	Указатель ближнего света
14	Указатель давления масла ДВС	Указатель оборотов двигателя	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель включения насоса гидросистемы	Указатель вариатора скорости
15	Указатель положения шторки радиатора	Указатель вариатора скорости	Указатель включения ВОМ	Указатель давления масла ДВС	Указатель ближнего света
16	Указатель оборотов двигателя	Указатель положения шторки радиатора	Указатель давления масла ДВС	Указатель включения насоса гидросистемы	Указатель дальнего света
17	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель включения ВОМ	Указатель включения насоса гидросистемы	Указатель замены топливного фильтра	Указатель стояночного тормоза
18	Указатель включения насоса гидросистемы	Указатель оборотов двигателя	Указатель стояночного тормоза	Указатель блокировки дифференциала	Указатель вариатора скорости

Номер варианта	Элементы панели приборов сельскохозяйственной машины				
19	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель положения шторки радиатора	Указатель давления масла ДВС	Указатель оборотов двигателя	Указатель включения ВОМ
20	Указатель давления масла ДВС	Указатель оборотов двигателя	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель дальнего света	Указатель ближнего света
21	Указатель температуры охлаждающей жидкости ДВС	Указатель давления масла ДВС	Указатель блокировки дифференциала	Указатель дальнего света	Указатель вариатора скорости
22	Указатель давления масла ДВС	Указатель включения ВОМ	Указатель включения насоса гидро-системы	Указатель замены топливного фильтра	Указатель стояночного тормоза
23	Указатель оборотов двигателя	Указатель блокировки дифференциала	Указатель замены топливного фильтра	Указатель включения ВОМ	Указатель ближнего света
24	Указатель замены топливного фильтра	Указатель включения насоса гидро-системы	Указатель включения ВОМ	Указатель дальнего света	Указатель стояночного тормоза

## Контрольные вопросы

1. Какие вопросы решают на начальной стадии компоновки панели приборов?
2. Чем отличаются задачи обнаружения и наблюдения сигнала?
3. Какие приборы используют для контроля динамических процессов?
4. Какие приборы отражают качественную информацию?
5. Как цвет индикатора зависит от отражаемой им информации?

### 1.3. Компоновка рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины

**Цель работы:** научиться компоновать рабочее место оператора самоходной сельскохозяйственной машины.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные правовые акты (ГОСТ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы; сельскохозяйственный трактор/зерноуборочный комбайн; персональный компьютер.

**Задание для лабораторной работы:**

1. Изучить нормативно-технические требования, предъявляемые к компоновке кабины.
2. Скомпоновать рабочее место оператора и кабину самоходной сельскохозяйственной машины.
3. Составить отчет с обоснованием предложенных параметров кабины (прилож. 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Исходя из условия индивидуального задания (табл. 1.7) определить параметры кабины самоходной сельскохозяйственной машины.
2. На листе формате А4 вычертить в масштабе эскиз кабины проектируемой машины.
3. Штриховыми линиями обозначить дверной проем кабины.
4. На эскизе обозначить положение основных органов управления.
5. Учитывая сферические зоны свободного пространства, расположить органы управления.
6. На листе формата А4 вычертить проекции профиля машины.

7. На полученном профиле выделить кабину и положение точки К (рис. 1.14).
8. Обозначить углы зон обзора.
9. Составить отчет о выполненной работе.

### **Общие положения**

Рабочее место водителя (оператора) самоходной сельскохозяйственной машины должно удовлетворять требованиям к размерам минимального пространства, системам доступа на рабочее место оператора, расположению органов управления, условиям труда оператора и защитным свойствам кабины.

При управлении самоходной сельскохозяйственной машиной одним оператором достаточна установка одноместной кабины. Если технологический процесс требует наличия второго оператора или помощника, конструктор должен учесть это при выборе размеров кабины на этапе проектирования. В отдельных случаях предусматривается возможность установки дополнительного съемного сиденья для пассажира.

Нормируют минимальные размеры одноместных кабин, в основном ширину и высоту. При этом руководствуются антропометрическими данными водителя 95-го уровня репрезентативности. Длину кабины не регламентируют, т. к. во многом она зависит от компоновки машины.

При компоновке рабочего места водителя самоходной сельскохозяйственной машины прежде всего необходимо определить минимальные размеры и геометрическую форму поверхностей, ограничивающих пространство внутри кабины вокруг оператора, располагающегося на сиденье в удобной рабочей позе. Эти параметры задаются стандартами. Изменять ограничивающие размеры в меньшую сторону нельзя, и обычно их увеличивают, потому что в кабине предусматривается место для верхней одежды, аптечки, термоса с водой или пищей, а иногда и для второго сиденья.

Базовой точкой отсчета параметров кабин, зон расположения органов управления является контрольная точка сиденья КТС (Sip) по ГОСТ 25791–90. КТС (Sip) смещена по отношению к точке отсчета сиденья ТОС вперед на 130 мм и вверх на 97 мм.

Минимальные размеры одно- и двухместных кабин сельскохозяйственных машин и тракторов установлены в ГОСТ 12.2.120–2015. Для одноместной кабины минимальная высота 1010 мм, минимальная ширина 900 мм на высоте от 310 до 810 мм от горизонтальной плоскости, проходящей через КТС (рис. 1.8).

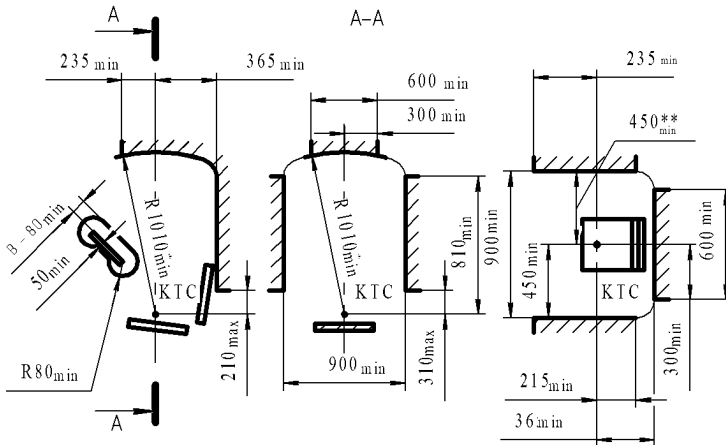


Рис. 1.8. Внутренние размеры одноместной кабины

\* В обоснованных случаях по согласованию с потребителем допускается уменьшение радиуса R1010 не более чем на 100 мм, а для кабин тракторов с мягкой обивкой потолков – на 150 мм.

\*\* Для самоходных сельскохозяйственных машин минимальный размер должен составлять не менее 600 мм. При несимметричном относительно боковых стенок кабины расположении сиденья допускается уменьшение расстояния до ближайшей стенки не более чем на 75 мм

Ширина двухместной кабины на этой же высоте должна составлять не менее 1400 мм. Расстояние от вертикальной плоскости, проходящей ТОС, до задней стенки кабины должно быть не менее 365 мм.

Значение  $B$  – расстояние от наружной поверхности обода рулевого колеса до поверхности кабины или других органов управления, за исключением установленных на рулевой колонке.

Поскольку операторы имеют разные антропометрические характеристики, для удобства их работы сиденье должно регулироваться в продольном направлении на 75 мм и по вертикали на 40 мм относительно среднего положения, что также не позволяет жестко задать продольные размеры.

К конструктивным элементам, обеспечивающим безопасный вход и выход из кабины трактора, относятся следующие: дверной проем и двери кабины, ступеньки, поручни, аварийный люк. Полностью удовлетворяет требованиям безопасности по входу и выходу кабина со следующими параметрами:

- высота пола кабины от опорной поверхности – 1008 мм; высота дверного проема – 1600 мм;
- ширина дверного проема – 400 мм;
- ширина, глубина и высота ступеньки над уровнем опорной поверхности – 300, 100 и 520 мм соответственно;
- расстояние между поверхностью пола и уровнем последней ступеньки – 316 мм;
- угол выноса ступеньки наружу –  $55^{\circ}$ – $65^{\circ}$ .

В соответствии с требованиями международных (ПСО) и отечественных стандартов самоходные сельскохозяйственные машины должны быть оборудованы подножками или лестницами при обязательном наличии поручней или перил. Расположение, размеры этих элементов, требования к их материалам оговорены в стандарте. В качестве промежуточных подножек могут быть использованы конструктивные элементы иного назначения.

Расстояние между кромкой проема двери и подушкой сиденья должно быть не менее 300 мм при среднем по регулировкам положении сиденья (рис. 1.9).

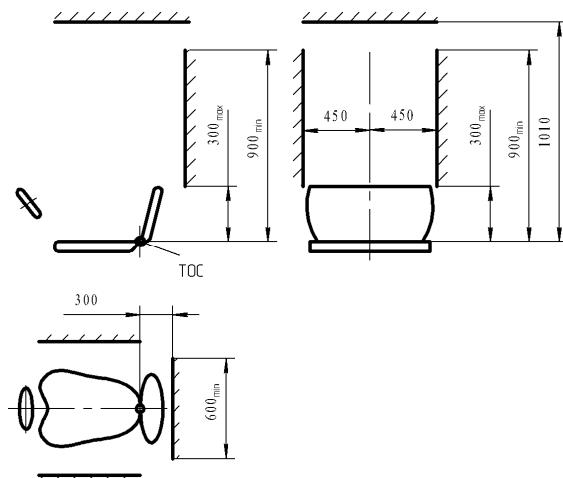


Рис. 1.9. Минимальные значения параметров доступа к рабочему месту

Для прохода на рабочее место должно быть обеспечено расстояние не менее 300 мм между кромкой проема двери и подушкой сиденья, находящегося в среднем по регулировкам положении; при наличии запасной двери (второй) на тракторах тягового класса 0,6 и 0,9 на самоходных сельскохозяйственных машинах допускается уменьшать этот размер до 200 мм.

В указанном пространстве не должны располагаться элементы, мешающие доступу оператора в одежде на рабочее место.

Размеры дверного проема при максимальном возможном открытии двери установлены ГОСТ 12.2.120–88 (рис. 1.10). Если оператор работает сидя, то высота дверного проема должна быть не менее 1300 мм, а если в положении стоя – 1800 мм. Если двери открываются менее чем на 90°, размеры дверного проема должны быть увеличены настолько, чтобы размер в свету соответствовал указанным на рис. 1.10.

Кабины самоходных сельскохозяйственных машин должны иметь не менее двух, а остальных машин – не менее трех аварийных выходов, которыми могут служить двери, окна, люки. Аварийные выходы должны быть расположены на разных сторонах (стенках, крыше) кабины. Минимальные размеры аварийных люков должны быть такими, чтобы в их поперечное сечение вписывался эллипс с главными осями 640 и 440 мм.

Аварийные выходы должны открываться без помощи инструмента. Если аварийными выходами являются застекленные окна, то в кабине должны находиться средства, которыми при аварийной ситуации можно разбить или выставить стекло аварийного выхода.

Это требование важно соблюдать для повышения безопасности при опрокидывании трактора и заклинивании дверей. Размеры аварийных выходов должны соответствовать размерам дверного проема или быть следующими: для квадратного сечения – не менее 600×600 мм; для прямоугольного – 470×650 мм; для круглого – 700 мм в диаметре; для овального – главные оси эллипса не менее 640 и 440 мм.

Центры рукояток основных, часто используемых органов управления, и центры педалей органов управления машиной и рабочим оборудованием (во всех рабочих положениях) должны предпочтительно располагаться в пределах зон комфорта, а центры рукояток (кнопок, тумблеров, выключателей и т. п.) вспомогательных органов управления должны находиться в пределах зоны досягаемости по ГОСТ 27258–87. Размеры и взаимное расположение сиденья,



педаль муфты сцепления и тормоза при выбранном свободном ходе, а также рулевого колеса для сельскохозяйственных самоходных машин и колесных тракторов должны соответствовать приведенным на рис. 1.11–1.12. Регулируемая рулевая колонка при этом должна находиться в среднем по регулировке положении.

*Примечание.* Размеры на рис. 1.11–1.12 указаны при следующих условиях:

- 1) педали находятся в положении, когда свободный ход выбран;
- 2) сиденье нагружено и находится в среднем по регулировке положении.

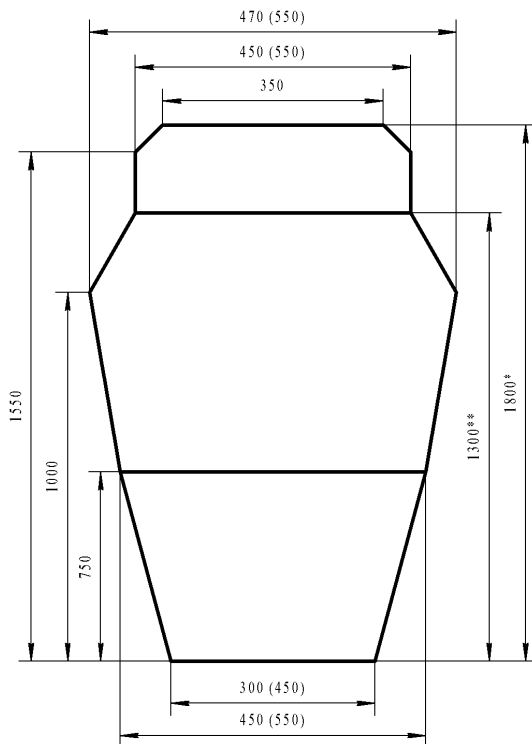


Рис. 1.10. Размеры дверного проема

\* Высота дверного проема при максимальной возможной открытой двери кабины, предназначенной для работы стоя.

\*\* Минимальная высота дверного проема для кабин, предназначенных для работы сидя

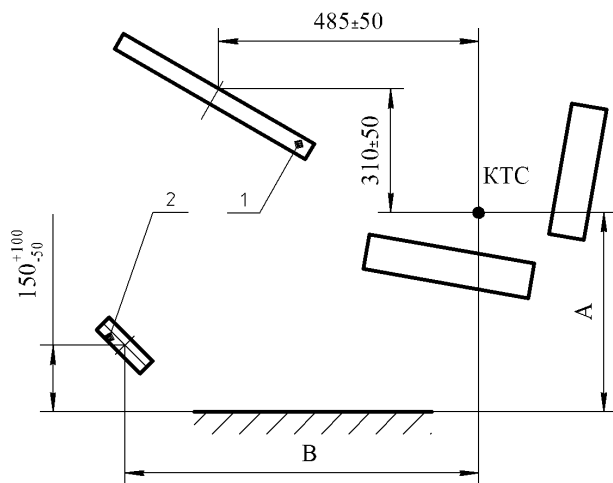


Рис. 1.11. Схема расположения основных органов управления (вид сбоку):  
 1 – рулевое колесо; 2 – педали тормоза и сцепления

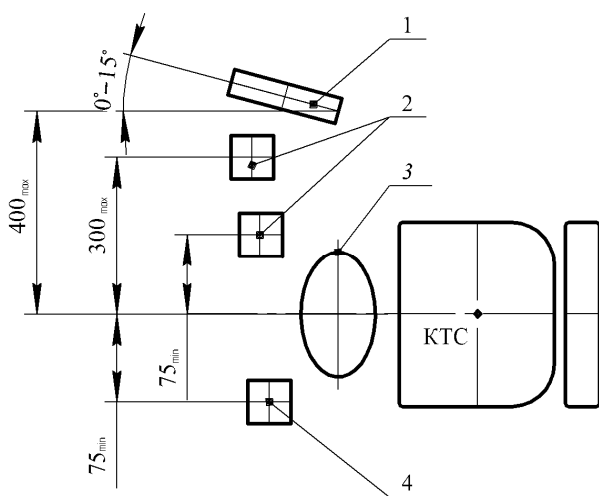


Рис. 1.12. Схема расположения основных органов управления (вид сверху):  
 1 – акселератор; 2 – педаль тормоза; 3 – рулевое колесо; 4 – сцепление

Вертикальный и горизонтальный размеры, определяющие взаимное расположение сиденья и центров педалей сцепления и тормозов, приведены в табл. 1.6.

Размеры основных органов управления

$A \pm 20$	435	455	475	495	515	535
$B \pm 20$	715	695	685	665	645	625

Положение рулевой колонки должно регулироваться в продольном направлении (по углу установки) и по высоте (вдоль оси колонки) бесступенчато или с фиксацией не менее чем в четырех положениях по углу и в пяти – по высоте.

Опорные площадки основных педалей должны иметь длину и ширину не менее 60 мм, расстояние между кромками площадок неблокируемых между собой педалей – 50–100 мм, блокируемых – 5–20 мм. Угол разворота опорных площадок педалей, приводимых в действие стопой, не должен превышать  $15^\circ$  от продольной плоскости машины.

Расстояние от рукояток рычагов при любом их положении до элементов интерьера и до соседних рычагов должно составлять не менее 50 мм, если рычаги приводятся в движение кистью, и не менее 25 мм, если пальцами. Если рычаги перемещаются одновременно двумя руками или предполагается работа в перчатках, а также если отсутствует визуальный контроль над положением рычагов, расстояние между расположенными рядом и управляемыми кистью рычагами увеличивается до 100–150 мм. Рукоятки органов управления, особенно управления движением, необходимо располагать в пределах зоны досягаемости оператора. При этом угол сгиба руки оператора в локтевом суставе должен быть близок к  $135^\circ$ , а усилие должно прикладываться в направлении «прямо на себя – от себя».

При работе рычагами точного и непрерывного управления в условиях значительных вибраций и колебаний, особенно низкочастотных, необходимо предусматривать опору для рук, например подлокотники.

Расположение основных и вспомогательных органов управления для машин с реверсивным постом управления определяется техническими условиями на конкретные модели машин.

При работе оператора в положении сидя:

- в зоне *B* (рис. 1.13) не должно быть никаких элементов, которые могут мешать оператору пользоваться органами управления;
- в зоне *A* должно обеспечиваться свободное пространство не менее 120 мм между соседними движущимися элементами.

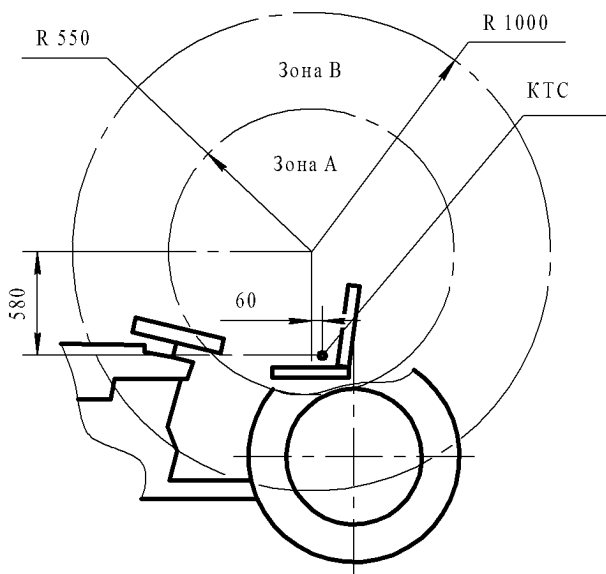


Рис. 1.13. Сферические зоны свободного пространства

Типовые способы приведения в действие основных органов управления даны в прилож. 2, кроме машин, работающих на реверсе.

Рулевое колесо должно располагаться относительно горизонтальной плоскости для сельскохозяйственных тракторов в пределах  $25^{\circ}$ – $40^{\circ}$ , для самоходных сельскохозяйственных машин в пределах  $10^{\circ}$ – $30^{\circ}$  при работе сидя и в пределах  $0^{\circ}$ – $30^{\circ}$  – при работе стоя, при этом регулирование должно проводиться бесступенчато или с фиксацией не менее чем в четырех положениях, рулевое колесо машин должно иметь регулирование по высоте (вдоль оси колонки) на  $(100 \pm 20)$  мм бесступенчато или с фиксацией не менее чем в пяти положениях.

Расстояния от рукояток рычагов управления (во всех положениях) до элементов рабочего места и между рукоятками, кроме рычагов, приводимых в движение одновременно горизонтально расположенной кистью, должно быть не менее 50 мм для приводимых в движение кистью с управляющим усилием свыше 150 Н и не менее 25 мм для приводимых в действие пальцами управляющим усилием от 80 до 150 Н (кроме органов управления двигателем).

Минимальная длина свободной части рычага вместе с рукояткой в любом его положении должна быть не менее 50 мм для приводимого в движение пальцами и не менее 150 мм – для приводимого в движение кистью, а для промышленных тракторов и машин, изготовленных на их базе, – не менее 100 мм.

Если в кабине машины не предусмотрены педали управления, то на полу кабины должны быть наклонные упоры или опорные площадки для ног под углом  $25^{\circ}$ – $40^{\circ}$  к горизонтали, покрытые мало-теплопроводным материалом. Их размеры должны обеспечивать устойчивое положение ног оператора.

Расстояние между кромками площадок рядом расположенных неблокируемых педалей должно быть в пределах 50–100 мм, блокируемых 5–20 мм. Угол разворота от продольной оси машины опорных площадок педалей, приводимых в действие стопой, не должен превышать  $15^{\circ}$ .

Силы сопротивления перемещению органов управления не должны превышать значений, приведенных в прилож. 3.

Элементы органов управления, с которыми соприкасаются руки оператора или обслуживающего персонала, следует изготавливать из материала с теплопроводностью не более 0,2 Вт/(м·К), или они должны иметь покрытие из этого материала толщиной не менее 0,5 мм.

Для обозначения функционального назначения органов управления следует применять символику по ГОСТ 26336.

Допускается применение дополнительных символов, не установленных ГОСТ 26336–97, отражающих специфику назначения и работы машин, установленных на них механизмов, устройств и приборов.

В кабине сельскохозяйственных тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин должна быть установлена пепельница, выполненная из негорючего материала, и предусмотрено место для установки радиоприемника и антенны.

Также важное значение имеет обзорность с рабочего места оператора, потому что многие технологические операции, выполняемые с помощью тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, требуют очень точного позиционирования рабочих органов машины, колес и гусениц относительно других предметов, а также точного выдерживания траектории движения машины. Основными оценочными показателями являются углы обзора функциональных зон и объектов наблюдения.

В качестве исходной точки отсчета параметров обзорности для самоходных сельскохозяйственных машин и тракторов принята

точка К, имеющая координаты 670 мм вверх и 10 мм вперед относительно КТС в продольной вертикальной плоскости. Ее положение имитирует положение глаз оператора. Углы, определяющие обзорность сельскохозяйственного трактора из кабины по ГОСТ 12.2.019–2015, показаны на рис. 1.14.

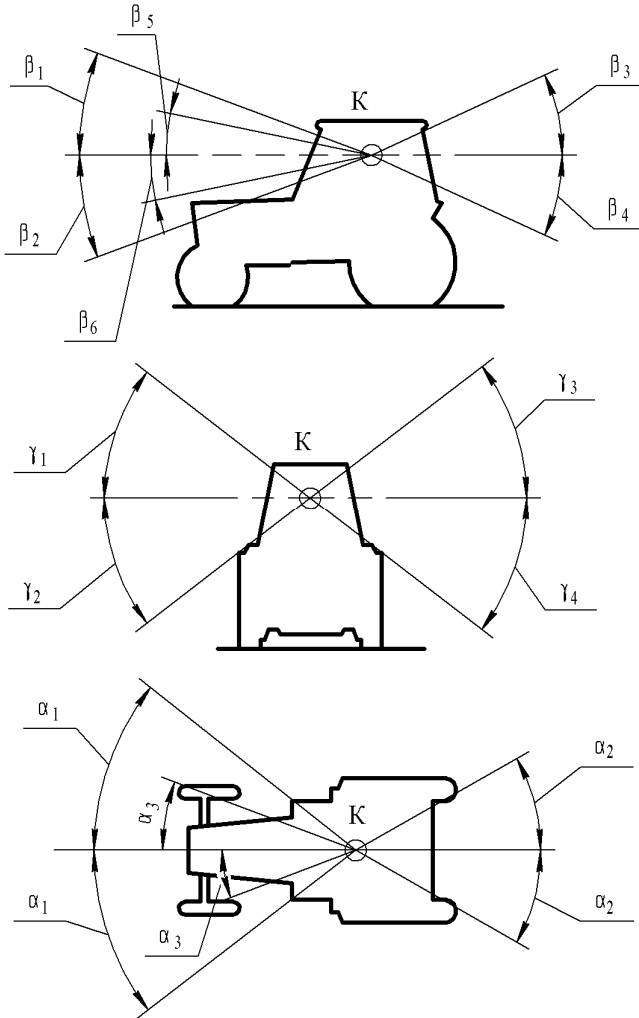


Рис. 1.14. Углы определения зон обзора самоходных сельскохозяйственных машин и тракторов

Для тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин особое значение имеет обзорность передних колес или передних частей гусениц. Эти параметры также регламентируются стандартом.

### Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 1.7) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 1.7

Исходные данные

Номер варианта	Ширина кабины $B$ , мм	Высота кабины $H$ , мм
1	900	1010
2	920	1020
3	940	1030
4	950	1040
5	960	1050
6	980	1060
7	900	1070
8	920	1080
9	940	1090
10	950	1100
11	960	1110
12	980	1120
13	990	1010
14	1000	1020
15	1010	1030
16	1020	1040
17	1030	1050
18	1040	1060
19	1050	1070
20	1060	1080
21	1070	1090
22	1080	1100
23	1090	1110
24	1100	1120

## Контрольные вопросы

1. Чем определяются минимальные размеры кабины?
2. Какие параметры определяют размеры дверей и аварийных выходов?
3. Чем ограничены зоны обзора?
4. Что ограничивается сферическими зонами в положении оператора сидя?
5. Какова базовая точка отсчета параметров кабины?

### 1.4. Выбор органа управления сельскохозяйственной машины (оборудования)

**Цель работы:** собрать информацию, определить требования и выбрать орган управления сельскохозяйственной машины.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные правовые акты (ГОСТ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы; сельскохозяйственный трактор/зерноуборочный комбайн; персональный компьютер.

**Задание для лабораторной работы:**

1. Изучить нормативно-технические требования, предъявляемые к органам управления.
2. Подобрать орган управления рабочим процессом согласно индивидуальному заданию (табл. 1.8).
3. Составить отчет с обоснованием выбора данного рабочего органа (прилож. 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с содержанием учебно-методических материалов, нормативных актов СТБ ЕН 894-3-2003.
2. Определить задачи и собрать информацию.
3. Определить общие требования, связанные с выполнением конкретных задач.
4. Определить специфические требования, связанные с выполнением конкретных задач.
5. Определить характеристики перемещения.
6. Определить характеристики захвата.
7. Выбрать серию органов управления.
8. Выбрать тип органа управления.



## **Общие положения**

Существуют различные типы органов управления – от нажимных кнопок до штурвалов. Каждый из типов органов управления подходит для решения определенных задач и должен соответствовать определенным требованиям. Кроме того, необходимо принять во внимание такие факторы окружающей среды, как освещение и вибрация, а также организационные факторы (например, работа в группе, на рабочем месте).

Правильный выбор органов управления способствует надежному и эффективному функционированию оборудования.

Выбор типа органов управления проходит в три этапа:

- определение задач и сбор информации;
- предварительный выбор серии органов управления;
- определение подходящего типа органов управления.

### ***1. Определение задач и сбор информации***

#### ***1.1. Требования и характеристики***

Разделение задач между оператором и оборудованием должно проводиться при конструировании оборудования в соответствии с СТБ ЕН 614-1-2007 и СТБ ЕН 894-1-2003.

Задача подразумевает наличие общих и специфических требований, которые нельзя изменить обычным образом. В случае, если невозможно установить подходящий орган управления для решения специфической задачи, необходимо пересмотреть задачу или полностью ее изменить.

Приведенные требования, связанные с решением конкретных задач, являются наиболее важными для выбора ручного органа управления:

#### **1. Общие требования:**

- необходимая точность позиционирования ручного органа управления;
- необходимая скорость позиционирования (скорость);
- требования к усилию, прикладываемому оператором (перестановочное усилие/перестановочный момент).

#### **2. Специфические требования:**

- визуальная различимость положения ручного органа управления (визуальный контроль);






- обозначение положения органа управления (маркировка);
- вероятность случайного срабатывания (случайное срабатывание);
- предотвращение соскальзывания руки с органа управления (трение);
- возможность работать в перчатках;
- легкость чистки (возможность чистки).

Общие требования используются для того, чтобы определить уровень органов управления, которые могут быть использованы для решения данных задач. Специфические требования – для того, чтобы выбрать конкретный орган управления из данного уровня.

Для анализа требований, связанных с выполнением конкретных задач, необходимо использовать классификационную схему, приведенную в табл. 1.8. В данной схеме выделяются пять различных уровней – от 0 до 4.

Таблица 1.8

Классификационная схема для анализа требований

Уровень	Символ	Уровень требований
0		очень низкий
1		низкий
2		средний
3		высокий
4		очень высокий

Необходимо учитывать характеристики различных типов органов управления, чтобы определить имеющиеся альтернативы при выборе. Требования к характеристикам перемещения и характеристикам захвата во многих случаях могут быть выделены следующим образом.

*Характеристики перемещения:*

- вид перемещения;
- ось перемещения;
- направление перемещения;
- непрерывность перемещения;
- непрерывность перемещения и угла вращения более 180°.

*Характеристики захвата:*

- вид захвата;
- часть руки, производящая перестановочное усилие;
- вид перестановочного усилия.

Краткие описания данных характеристик сгруппированы в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Формуляр для записи данных,  
полученных при выборе ручного управляющего устройства

Описание характеристики	Уровень требований (классификация)					Примечания
	0	1	2	3	4	
						
Общие требования, связанные с выполнением конкретных задач						
Точность						
Скорость						
Перестановочное усилие						
Характеристики перемещения						
Вид перемещения						
Ось перемещения						
Направление перемещения						
Непрерывность перемещения						
Угол непрерывного вращения более 180°						

Формуляр, приведенный в табл. 1.9, служит в качестве вспомогательного средства для регистрации задач, стоящих перед органом управления. Данный формуляр должен быть заполнен максимально подробно. Желательно также указать в нем, какие из задач являются наиболее важными или критическими, а также то, какие задачи нельзя изменять (для этого можно использовать столбец «Примечание»).

*1.2. Определение требований, связанных с выполнением конкретных задач*

*Классификация точности позиционирования (точность)*

Необходимая точность должна соответствовать одному из уровней, приведенных в табл. 1.8.

Необходимая точность позиционирования ручного органа управления должна определяться при практическом применении органов управления для решения необходимой задачи. На точность влияет большое количество факторов, наиболее важным из которых является непрерывность необходимого перемещения, т. е. то, функционируют ли органы управления непрерывно или дискретно.

Адекватная информативность органов управления является необходимой для оператора и позволяет свести к минимуму ошибки при использовании органов управления. В методике выбора органов управления учитывается тот факт, что высокая точность несовместима с высоким перестановочным усилием. Поэтому стремление использовать органы управления с высокой точностью и одновременно высоким перестановочным усилием ведет к неадекватному выбору ручного органа управления.

При частом или постоянном использовании органа управления повышаются требования к его точности. Обычно ручные органы управления обладают высокой точностью. Однако ее можно повысить при использовании дополнительных механических приспособлений, таких как, например, передаточный механизм. В этом случае можно добиться высокой точности позиционирования перемещающихся компонентов даже при использовании органов управления с низкой точностью.

Дискретным установочным перемещением ручных органов управления считается перемещение, при котором орган управления может находиться только в двух положениях, например поворотный выключатель или переключатель ВКЛ/ВЫКЛ. Ошибки при выборе органов управления возникают при необходимости использовать устройство с большим количеством возможных дискретных положений, поэтому органы управления с двумя возможными положениями должны быть отнесены к классу требований «очень низкий», а органы управления с двадцатью четырьмя и более возможными положениями – к классу требований «высокий».

Точность органов управления может быть повышена при помощи постоянного точного и легко воспринимаемого информи-

рования оператора о положении, в котором находятся органы управления, а также при расположении элементов оборудования таким образом, чтобы они не препятствовали информированию оператора.

Положения органа управления, соответствующие его функциям, не должны обозначаться цифрами или буквами, т. к. в этом случае оператор вынужден вспоминать, какая цифра или буква соответствует той или иной функции, что может привести к ошибкам. Обозначения 1, 2 могут использоваться только в том случае, если значение изменяемых переменных различается как минимум на одно порядковое число.

Поскольку положение ручного органа управления постоянно изменяется в соответствии с изменением переменной, контролируемой данным органом управления, величина отклонения от данной переменной является критерием для определения величины погрешности. Вероятность возникновения погрешности зависит в первую очередь от времени, в течение которого необходимо выполнить задачу (скорость), от наличия у оператора необходимой информации и от перестановочного усилия.

При непрерывном установочном перемещении оператор должен постоянно получать всю необходимую информацию о функционировании оборудования, например о скорости и направлении вращения вращающихся компонентов. Это может быть реализовано при помощи специального индикатора, либо относительного движения другого объекта, хорошо видимого оператору (например, вращение токарного резца, соответствующее вращению шпинделя), либо других средств.

При выполнении заданий, для которых установлена скорость их выполнения, например при непрерывном сопровождении цели, высокой скорости функционирования органов управления можно добиться только в том случае, если трудоемкость перестановочного усилия является незначительной и предусмотрена высокая информативность органа на основе оптической информации. Требования к перестановочному усилию при непрерывном сопровождении ведут к тому, что требования к ручным органам управления классифицируются как очень высокие.

### *Классификация скорости позиционирования (скорость)*

Необходимая скорость позиционирования должна определяться в соответствии с классификацией, приведенной в табл. 1.8.

Продолжительность установочного перемещения ручного органа управления состоит из двух компонентов: времени, необходимого для того, чтобы дотянуться и взяться рукой за орган управления, и продолжительности самого установочного перемещения. Первый компонент зависит от расположения ручного органа управления относительно оператора и от вида захвата. Быстрее всего приводятся в действие органы управления с контактной рукояткой. Далее следуют органы с захватом несколькими пальцами, и наиболее медленными являются органы с захватом кистью. В экстренных случаях важным является максимально быстрое срабатывание органов управления. Поэтому для органов аварийного выключения рекомендуется использовать кнопку в виде грибка.

Высокая скорость позиционирования несовместима с высоким перестановочным усилием; наиболее высокой скорости позиционирования можно добиться только при очень низком перестановочном усилии. Следовательно, если органы управления предназначены для выполнения на них непрерывных операций, требующих высокой скорости (например, работа с клавиатурой), управляющее усилие должно быть незначительным.

### *Классификация перестановочных усилий и перестановочных моментов (сила)*

Органы управления могут применяться для приведения в действие оборудования или отдельных его узлов. В некоторых случаях для приведения в действие данных узлов рекомендуется использовать органы управления с большим перестановочным усилием. Некоторые виды оборудования снабжены механическими или другими видами вспомогательных устройств, снижающих нагрузку на оператора при работе с органами управления. Если это невозможно, то величина рекомендуемой силы или рекомендуемого момента для приведения в действие органов управления должна соответствовать одному из классов, приведенных в табл. 1.10.

Классификация управляющих сил/управляющих моментов при выборе ручных органов управления

Уровень	Символ	Управляющее усилие $N$ , Н управляющий момент $N_m$ , Н·м	Уровень требований
0	○	$N < 10$ Н $N_m > 0,5$ Н·м	очень низкий
1	◐	$10 \text{ Н} \leq N < 25$ Н $0,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq N_m < 1,5$ Н·м	низкий
2	◑	$25 \text{ Н} \leq N < 50$ Н $1,50 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq N_m < 3,0$ Н·м	средний
3	◒	$50 \text{ Н} \leq N < 80$ Н $3,0 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq N_m < 5,0$ Н·м	высокий
4	●	$80 \text{ Н} \leq N < 120$ Н $5,0 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq N_m < 50$ Н·м	очень высокий

### 1.3. Определение характеристик перемещения

Ручные органы управления могут быть расположены в различных позициях относительно оператора. При использовании некоторых видов технологического оборудования, за которым оператор работает стоя, существует ряд стандартных позиций, которые должны быть подвергнуты анализу. Если оператор работает сидя, также должен быть проведен анализ характеристик его движений.

При проведении анализа должна использоваться прямоугольная система координат, показанная на рис. 1.15.

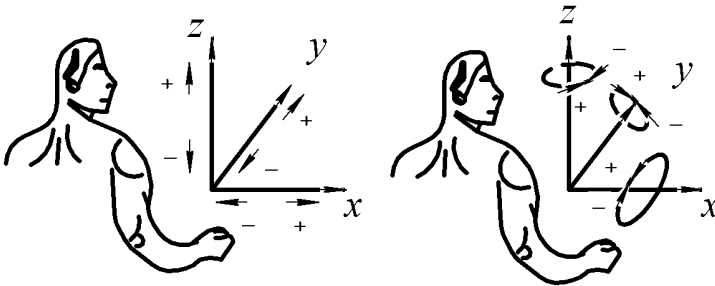


Рис. 1.15. Система координат для поступательного и вращательного движения

Установочное перемещение описывается пятью характеристиками. При проведении анализа необходимо описать местоположение установочного перемещения в зоне досягаемости. Предполагается, что в формуляр должны заноситься только те ограничения установочного перемещения, которые были определены при первоначальном конструировании оборудования.

#### *Вид перемещения*

*Поступательное или вращательное.* Вид установочного перемещения, для которого предназначен орган управления, может принадлежать к одной из двух групп в зависимости от того, является ли оно поступательным или вращательным. Работа с длинными рычагами считается поступательным перемещением. Если при проектировании оборудования было определено, что для работы с ним необходимо использовать один из двух видов установочного перемещения, то в формуляре должно быть указано «поступательное» либо «вращательное».

*Ось перемещения.* Осью перемещения считается ось, вдоль которой или вокруг которой совершается установочное перемещение, выполняемое оператором. Необходимо принять во внимание различные перемещения, которые может выполнить оператор, а также движения верхней части туловища оператора, когда он работает с органами управления. Если при конструировании оборудования было предусмотрено ограничение, касающееся вида перемещения органа управления (поступательное или вращательное), то в формуляр должны быть занесены необходимые оси перемещения. Преобладающая ось перемещения ( $x$ ,  $y$ ,  $z$  в соответствии с рис. 1.15) должна быть занесена в формуляр.

#### *Характеристика перемещения*

*Направление перемещения.* Направление перемещения – это направление установочного перемещения по одной из осей (см. рис. 1.15), выполняемое оператором. При поступательном и вращательном перемещении его направление показывается знаками «+» и «-». Если при конструировании оборудования были предусмотрены ограничения, касающиеся вида перемещения органа управления, то в формуляр должны быть занесены допустимые направления перемещения. Если конструкция оборудования требует перемещения



органа управления в обоих направлениях, то в формуляр должен быть занесен знак «+/-».

*Непрерывность перемещения.* Необходимо установить, является ли перемещение непрерывным или дискретным. Если при конструировании оборудования было определено, что в нем может быть использован только орган управления с одним из данных видов перемещения, то в формуляр должно быть занесено, для какого из двух видов перемещения органов управления (непрерывное или дискретное) предназначено оборудование.

Данная характеристика должна быть в обязательном порядке определена при составлении общих требований к эксплуатации органа управления и при определении точности и скорости позиционирования.

*Угол непрерывного вращения  $> 180^\circ$ .* Необходимо установить, может ли при непрерывном вращательном перемещении угол вращения быть  $> 180^\circ$  (да/нет). Если при конструировании оборудования были установлены ограничения относительно того, могут ли в нем использоваться органы управления с вращательным перемещением, превышающим половину оборота, то эта информация должна быть занесена в формуляр.

## ***2. Предварительный выбор серии органов управления***

На следующем этапе выбора органа управления необходимо занести в формуляр все задачи органа управления в соответствии с приведенными требованиями. В соответствии с прилож. 4, 5 производится выбор серии органов управления для органов управления,двигающихся поступательно или вращательно. В первом столбце приведен порядковый номер каждой графы ( $L1-L41$  и  $R1-R33$ ). В трех следующих столбцах приведены возможные комбинации точности позиционирования, скорости позиционирования и перестановочного усилия с использованием классификационной схемы. В пятом столбце указаны оси перемещения и направления вращения, которые допустимы при комбинации точности позиционирования, скорости позиционирования и перестановочного усилия, указанной в трех предыдущих столбцах. В двух последних столбцах таблицы указан номер серии органов управления, соответствующей всем указанным характеристикам. Один столбец относится к органам управления с дискретным перемещением, другой – к органам

управления с непрерывным перемещением (прилож. 5). В дополнительном столбце указано, есть ли необходимость использовать серию органов управления с установочным перемещением, большим, чем пол-оборота. Если при конструировании оборудования было определено, что в нем должны быть использованы органы управления одного из двух видов (поступательное или вращательное перемещение), то выбор серии органов управления должен проводиться только на основании прилож. 4 или 5.

### 3. Определение подходящего типа органов управления

#### 3.1. Специфические требования, связанные с выполнением конкретной задачи

Некоторые характеристики могут быть определены на начальной фазе конструирования устройства. Выявленные характеристики должны быть занесены конструктором в табл. 1.11.

В первую очередь необходимо присваивать максимальный уровень требований параметрам, обеспечивающим безопасность работы, и только после этого рассматривать менее важные параметры. Если некоторым параметрам присваиваются несовместимые требования, в этом случае необходимо пересмотреть поставленные перед устройством задачи или, если первое невозможно, снизить требования к менее важным параметрам.

Таблица 1.11

Требования к типу органа управления

Описание характеристики	Уровень требований (классификация)					Примечание
	0	1	2	3	4	
						
Специфические требования, связанные с выполнением конкретных задач:						
– визуальный контроль						
– маркировка						
– случайное срабатывание						

Описание характеристики	Уровень требований (классификация)					Примечание
	0	1	2	3	4	
						
– трение						
– возможность работать в перчатках						
– легкость очистки						
Характеристики захвата:						
– вид захвата						
– часть руки, производящая перестановочное усилие						
– вид перестановочного усилия						

*Визуальная различимость положения ручного органа управления (визуальный контроль).* При использовании ручных органов управления очень важным является наличие у оператора точной информации об установочном перемещении органа управления. Этого можно добиться, например, при помощи индикатора, показывающего изменение того или иного параметра, либо при помощи любого другого звукового или визуального индикаторного устройства. Во многих случаях это является единственным способом обеспечить визуальный контроль положения ручного органа управления, в особенности при дискретном перемещении органа управления. Визуальной различимости положения ручного органа управления должен быть присвоен уровень требований в соответствии с классификацией.

*Обозначение положения органа управления (маркировка).* В определенных ситуациях, когда оператор не видит органа управления или его обзор затруднен, положение органа управления может определяться при помощи специальной отдельной маркировки или шкалы. Эта же функция может использоваться в качестве дополнительного источника информации для оператора.

*Предотвращение случайного срабатывания.* Характеристика является особенно важной, если в результате может быть нанесена травма или причинен вред здоровью оператора. В некоторых случаях, когда велик риск получения травмы, этого может быть недостаточно, поэтому нужно принять следующие меры:

- установка органа управления в специальную выемку;
- защита органа управления, например установка кожуха, не допускающего контакт с органами управления частей тела или предметов, размеры которых больше размера руки; установка во-круг органа управления защитных бортиков;
- использование органов управления с установочным перемещением, допускающих только две позиции, перпендикулярные друг другу;
- использование систем блокировки;
- использование схемы управления в две руки.

*Предотвращение соскальзывания руки с органа управления (трение).* Если орган управления используется непрерывно или часто, то для его надежного и уверенного использования рука оператора не должна соскальзывать с поверхности органа управления. Это особенно важно, если по каким-либо причинам устройство обладает высоким перестановочным усилием.

*Возможность работать в перчатках.* При выполнении некоторых операций оператору необходимо носить перчатки, что должно соответствовать одному из уровней, приведенных в табл. 1.8. Если работать в перчатках нет необходимости, этому фактору может быть присвоен уровень «очень низкий» (см. табл. 1.8). Если постоянно носить толстые перчатки необходимо (например, при частой работе с металлическими частями), этому фактору должен быть присвоен уровень «очень высокий».

### *3.2. Характеристики захвата*

Характеристики захвата описывают вид взаимодействия между рукой и органом управления. В формуляр должны заноситься только те ограничения по виду захвата, которые были определены при конструировании оборудования.

*Вид захвата.* Необходимо указать один из трех видов захвата органов управления оператором:

- контакт – сила прикладывается по направлению, соответствующему воздействию указательного пальца, большого пальца или руки на органы управления;

– захват несколькими пальцами – органы управления приводятся в действие пальцами или рукой, не сжатой в кулак;

– захват кистью – все пальцы обхватывают органы управления.

Если при конструировании оборудования были определены ограничения, касающиеся типа захвата, то допустимые виды захвата должны быть указаны в табл. 1.11.

*Часть руки, производящая перестановочное усилие.* Часть руки, производящая перестановочное усилие, – это часть руки, палец, пальцы или вся рука, используемые для приведения в действие органа управления. Если при конструировании оборудования были определены ограничения, касающиеся части руки, производящей перестановочное усилие, то она должна быть указана в табл. 1.11.

*Вид перестановочного усилия.* Необходимо определить, прикладывается ли сила вертикально или по касательной. Первый вид приложения силы зависит от формы управляющего устройства и от вида взаимодействия (с геометрическим замыканием), в то время как при втором виде трение между органом управления и рукой (фрикционное) является определяющим.

Если при конструировании оборудования были определены ограничения, касающиеся вида перестановочного усилия, то в формуляре должен быть указан вид перестановочного усилия (вертикальное усилие  $N$  или усилие по касательной  $T$ ). Дальнейший выбор органов управления осуществляется путем сравнения специфических требований, связанных с выполнением конкретных задач, и видов захвата в каждой из серии защитных устройств. При этом необходимо принять во внимание задачи, стоящие перед органом управления.

В СТБ ЕН 894-3–2003 типы органов управления разделены на четыре группы:

– поступательные органы управления – дискретное перемещение;

– поступательные органы управления – непрерывное перемещение;

– вращающиеся органы управления – дискретное перемещение;

– вращающиеся органы управления – непрерывное перемещение.

В СТБ ЕН 894-3–2003 приведены характеристики захвата для данных типов органов управления. Указан вид захвата, часть руки, производящая перестановочное усилие, и вид перестановочного

усилия. Описаны отдельные типы органов управления, принадлежащие к данной серии органов управления, и показан типичный пример органов управления данного типа, а также характеристики данного типа органа управления, касающиеся специфических требований.

*Дополнительные требования к проектированию органов управления.* Если ошибки оператора при эксплуатации органов управления могут привести к получению травмы или нанесению вреда здоровью, необходимо выбирать только те органы управления, которые соответствуют рекомендациям данного раздела. Решение должно приниматься на основе оценки риска, проведенной в соответствии с требованиями ГОСТ ЕН 1050–2002.

*Размеры.* Рекомендуемые минимальные размеры органов управления приведены в табл. 1.12 (графы 3, 4). При захвате всей кистью затраты сил увеличиваются, поэтому для органов управления с захватом всей кистью данные параметры должны быть увеличены в соответствии со значениями, представленными в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Рекомендуемые минимальные размеры ручных органов управления

Вид захвата	Часть руки, производящая перестановочное усилие	Ширина или диаметр органа управления $r$ , мм	Длина органа управления вдоль оси движения или вращения $s$ , мм
Контакт	Палец	$r \geq 7$	$s \geq 7$
	Большой палец	$r \geq 20$	$s \geq 20$
	Рука (ладонь)	$r \geq 40$	$s \geq 40$
Захват несколькими пальцами	Палец/большой палец	$7 \leq r \leq 80$	$7 \leq s \leq 80$
	Рука/большой палец	$15 \leq r \leq 60$	$60 \leq s \leq 100$
Захват всей кистью	Палец/рука	$15 \leq r \leq 35$	$s \geq 100$

*Перестановочное усилие/перестановочный момент.* Рекомендуемые максимальные значения перестановочного усилия и перестановочного момента приведены в табл. 1.13 (графы 4, 5).

Таблица 1.13

Рекомендуемые максимальные значения перестановочного усилия и перестановочного момента для ручных органов управления

Вид захвата	Часть руки, производящая перестановочное усилие	Дополнительные факторы	Рекомендуемое максимальное значение поступательного перестановочного усилия $N$	Рекомендуемое максимальное значение перестановочного момента $N_m$
Контакт	Палец	Любое направление	10	0,5
	Большой палец	Любое направление	10	0,5
	Рука	Любое направление	20	0,5
Захват несколькими пальцами	Палец/рука	Любое направление	10	1
		X-направление	10	2
		Y-направление	20	2
		Z-направление	10	2
Захват всей кистью	Одна рука	X-направление	35	–
		Y-направление	55	–
		Z-направление	35	–
		Радиус $0,25m$	–	20
	Обе руки	Радиус $0,25m$	–	30

### Индивидуальное задание

Подобрать орган управления рабочим процессом в соответствии с предъявляемыми требованиями (табл. 1.14) и обосновать выбор данного органа. Выбор осуществить исходя из следующих типов приводных элементов рабочих органов:























































- кнопки и клавиши;
- рычажные переключатели (тумблеры);
- поворотные переключатели и регуляторы;
- маховики и штурвалы;

- кривошипные рукоятки;
- рычаги управления;
- ножные органы управления.



















Номер варианта выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 1.14

Индивидуальные требования, предъявляемые к органам управления

Номер варианта	Точность позиционирования органа управления	Скорость позиционирования	Требования к усилию, прикладываемому оператором
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			



Номер варианта	Точность позиционирования органа управления	Скорость позиционирования	Требования к усилию, прикладываемому оператором
19			
20			
21			
22			
23			
24			

### Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к органам управления при проектировании?
2. Какие характеристики перемещения и захвата учитываются при выборе органов управления?
3. Что такое точность позиционирования?
4. Какое влияние оказывает перестановочное усилие на уровень требований, предъявляемых при проектировании?
5. Какие существуют виды захватов органов управления?

### 1.5. Пульты управления. Общие эргономические требования

**Цель работы:** разработать эскиз пульта управления самоходной сельскохозяйственной машины.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные правовые акты (ГОСТ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы; сельскохозяйственный трактор/зерноуборочный комбайн; персональный компьютер.

#### **Задание для лабораторной работы:**

1. Изучить нормативно-технические требования, предъявляемые к компоновке пульта управления.

2. Разработать эскиз пульта управления самоходной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 1.17).

3. Составить отчет с обоснованием расположения органов управления пульта (прилож. 1).

***Порядок выполнения работы:***

1. Самостоятельно ознакомиться с содержанием учебно-методических материалов.

2. Вычертить эскиз пульта управления самоходной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 1.17). Обозначить изображенные органы управления и нанести основные размеры.

3. Составить отчет, в котором обосновать компоновку панели приборов.

### **Общие положения**

Поверхности пультов управления должны обладать направленно-рассеянным отражением светового потока, исключаящим появление бликов в поле зрения оператора. Пульты управления в положении сидя должны иметь для ног оператора пространство размерами не менее:

- 600 мм – по высоте;
- 400 мм – по глубине (на уровне колен);
- 600 мм – по глубине (на уровне пола);
- 500 мм – по ширине.

Для удобства работы оператора у пультов должна предусматриваться подставка для ног. При необходимости обзора пространства поверх пульта управления высота пультов для работы в положении сидя не должна превышать 1100 мм от пола. При работе оператора в положении сидя средства отображения информации и органы управления, уместяющиеся в зоне, ограниченной снизу плоскостью, отстоящей от пола не менее чем на 700 мм и не более чем на 1500 мм по фронту, располагают на фронтальной панели. Если располагаемые на панели элементы не уместяются в указанных пределах, используют трапециевидную, многогранную или полукруглую форму панелей. Диаметр полукруглой и многогранной панелей должен быть не менее 1200 мм. Средства отображения информации и органы управления должны располагаться на панелях

пультов согласно рис. 1.16–1.18, при этом размеры зон расположения должны соответствовать данным, приведенным в табл. 1.15, 1.16.

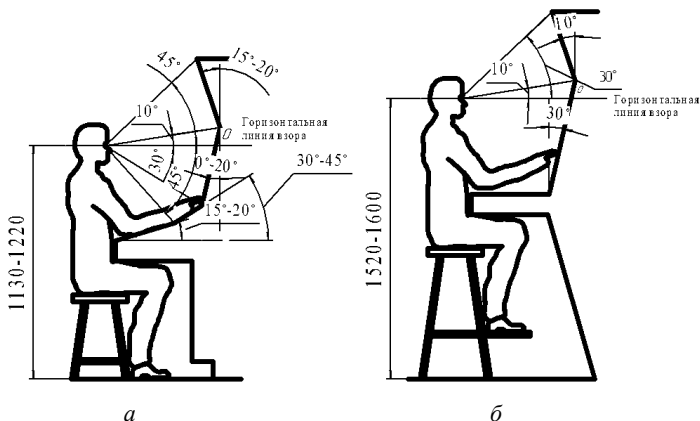


Рис. 1.16. Расположение и углы наклона панелей пульта управления для работы оператора в положении:  
*a* – сидя; *б* – сидя-стоя

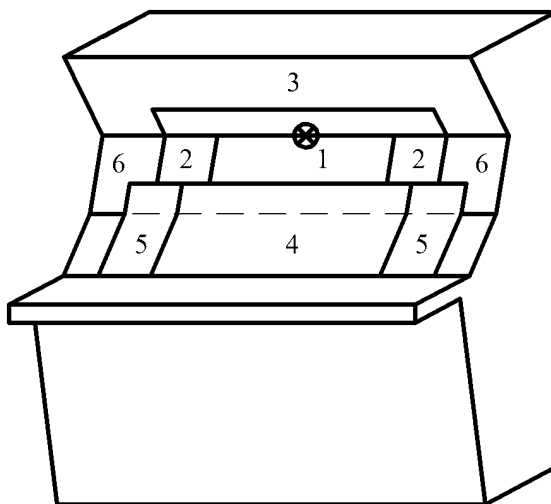


Рис. 1.17. Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в положении сидя:  
 1–3 – места размещения средств отображения информации;  
 4–6 – места размещения органов управления

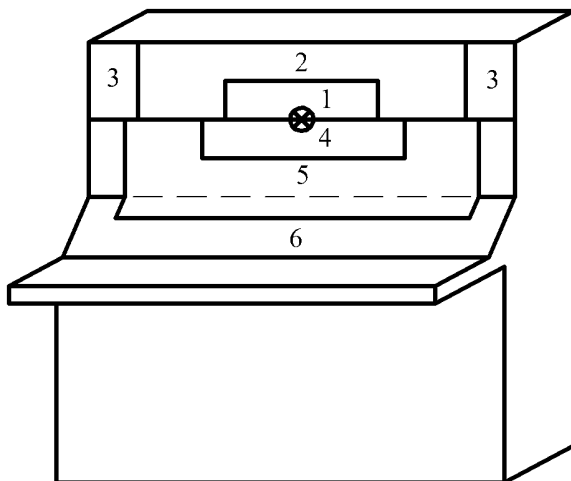


Рис. 1.18. Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в положении сидя-стоя

Таблица 1.15

Размеры зон расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в положении сидя-стоя, мм

Номер зоны	Высота кромки над уровнем пола		Ширина зоны
	нижней	верхней	
1	1320	1630	380
2	1320	1780	1020
3	1130	1780	250
4	1170	1320	610
5	1110	1320	1120
6	1060	1320	1370

Таблица 1.16

Размеры зон расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в положении сидя, мм

Номер зоны	Высота кромки над уровнем пола		Ширина зоны
	нижней	верхней	
1	970	1220	380
2	970	1310	1010

Номер зоны	Высота кромки над уровнем пола		Ширина зоны
	нижней	верхней	
3	1220	1600	1520
4	750	970	610
5	750	970	250
6	750	1220	150

Наиболее важные для работы оператора средства отображения информации и органы управления следует располагать в зонах 1 и 4, менее важными являются зоны 2, 3, 5 и 6. При расположении средств отображения информации на панелях пультов допустимы отклонения лицевой поверхности средств отображения информации от нормальной линии зрения не более чем на  $45^\circ$  в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в горизонтальной плоскости для работы в положении сидя показаны на рис. 1.19.

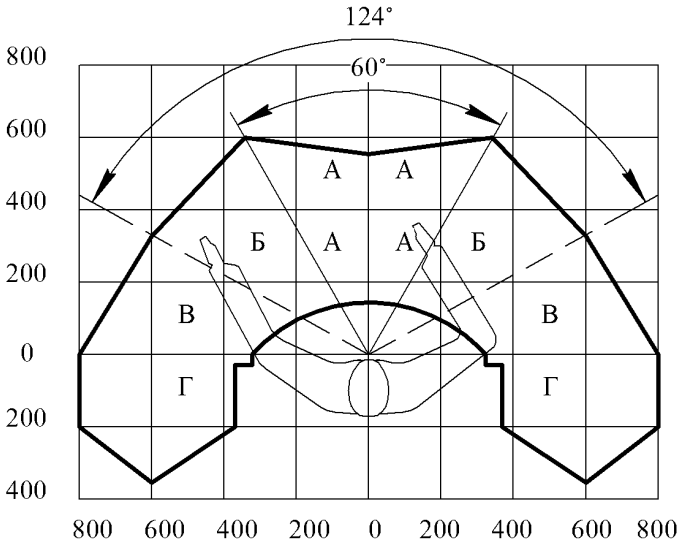


Рис. 1.19. Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в горизонтальной плоскости

На рис. 1.19 показаны следующие зоны:

А – зона для расположения наиболее важных и часто используемых органов управления и средств отображения информации;

Б – зона для расположения нечасто используемых органов управления и средств отображения информации (в пределах досягаемости и обзора);

В – зона для расположения редко используемых органов управления (в пределах максимальной досягаемости, обзор только при движении глаз и головы);

Г – зона для размещения вспомогательных органов управления (вне пределов досягаемости и обзора из исходного рабочего положения).

Средства отображения информации и органы управления на панелях пульта должны быть расположены следующим образом:

- важные и наиболее часто используемые средства отображения информации и органы управления – в пределах оптимальной зоны;
- аварийные – в легкодоступных местах, но не в оптимальной зоне;
- второстепенные, периодически используемые средства отображения информации и органы управления – не в оптимальных зонах, при размещении руководствуются в основном правилами группировки и взаимосвязи между ними.

Средства отображения информации на панелях пульта группируют и размещают в соответствии с последовательностью их использования или функциональными связями элементов системы, которые они представляют.

При групповом размещении индикаторов для контрольного считывания необходимо выполнять следующие правила:

- при наличии в группе шести и более индикаторов располагать их в виде двух параллельных рядов (вертикальных или горизонтальных);

- не делать более 5-6 горизонтальных или вертикальных рядов;

- при наличии на панели более 25 индикаторов компоновать их в 2-3 зрительно отличимые группы.

При компоновке все органы управления располагают в зоне досягаемости, причем часто используемые – на высоте 600–1000 мм для работы в положении сидя и 1000–1400 мм для работы в положении стоя. Необходимо исключить возможность их случайного переключения.

## Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 1.17) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 1.17

Исходные данные

Номер варианта	Орган управления ВОМ	Орган управления гидроцилиндром навески	Орган регулирования частоты вращения шнека	Орган управления транспортером	Орган управления давления в шинах
1	Часто используемый	Нечасто используемый	Редко используемый	Нечасто используемый	Нечасто используемый
2	Часто используемый	Часто используемый	Часто используемый	Часто используемый	Редко используемый
3	Нечасто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый	Нечасто используемый
4	Нечасто используемый	Редко используемый	Часто используемый	Нечасто используемый	Редко используемый
5	Редко используемый	Нечасто используемый	Нечасто используемый	Часто используемый	Часто используемый
6	Редко используемый	Часто используемый	Редко используемый	Часто используемый	Редко используемый
7	Нечасто используемый	Нечасто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Часто используемый
8	Редко используемый	Нечасто используемый	Нечасто используемый	Редко используемый	Редко используемый
9	Часто используемый	Часто используемый	Нечасто используемый	Редко используемый	Часто используемый
10	Нечасто используемый	Редко используемый	Нечасто используемый	Редко используемый	Редко используемый

Номер варианта	Орган управления ВОМ	Орган управления гидроцилиндром навески	Орган регулирования частоты вращения шнека	Орган управления транспортером	Орган управления давления в шинах
11	Редко используемый	Часто используемый	Нечасто используемый	Редко используемый	Нечасто используемый
12	Редко используемый	Часто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый
13	Редко используемый	Редко используемый	Редко используемый	Редко используемый	Редко используемый
14	Редко используемый	Нечасто используемый	Часто используемый	Часто используемый	Редко используемый
15	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый	Нечасто используемый	Часто используемый
16	Часто используемый	Нечасто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Часто используемый
17	Редко используемый	Нечасто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Нечасто используемый
18	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый	Нечасто используемый	Редко используемый
19	Редко используемый	Редко используемый	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый
20	Нечасто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый	Редко используемый
21	Редко используемый	Нечасто используемый	Редко используемый	Нечасто используемый	Часто используемый
22	Нечасто используемый	Редко используемый	Нечасто используемый	Нечасто используемый	Редко используемый



Номер варианта	Орган управления ВОМ	Орган управления гидроцилиндром навески	Орган регулирования частоты вращения шнека	Орган управления транспортером	Орган управления давления в шинах
23	Редко используемый	Часто используемый	Редко используемый	Часто используемый	Редко используемый
24	Нечасто используемый	Нечасто используемый	Часто используемый	Редко используемый	Редко используемый

### Контрольные вопросы

1. Каким образом располагаются зоны средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в положении сидя?
2. Каким образом располагаются зоны средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в положении сидя-стоя?
3. Как размещаются зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в горизонтальной плоскости?

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### 2.1. Анализ комфортабельности сельскохозяйственных машин

**Цель работы:** научиться проводить анализ комфортабельности сельскохозяйственных машин.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные акты (ГОСТ, СТБ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы, каталоги сельскохозяйственной техники.

**Задание для практической работы:** провести анализ комфортабельности сельскохозяйственной машины.

**Порядок выполнения работы:**

1. Выбрать критерии оценки комфортабельности сельскохозяйственной машины.
2. Выполнить анализ комфортабельности сельскохозяйственной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 2.12).
3. Составить отчет с обоснованием выводов по каждому критерию оценки (прилож. 1).

### Общие положения

Основные критерии, по которым проводится оценка комфортабельности сельскохозяйственной машины:

#### 1. Утомление водителя (оператора)

По мере того как человек выполняет ту или иную работу, в его организме происходят процессы, которые в определенный момент приводят к более или менее резкому снижению работоспособности. Такое состояние, возникшее под влиянием проделанной работы и сказывающееся на уровне работоспособности, называют утомлением. Субъективно утомление ощущается как чувство усталости.

Часто утомление не оказывает прямое влияние на результативность трудовой деятельности, проявляясь по-иному. Так, например, трудовые операции, которые выполнялись легко и без напряжения, автоматически, через несколько часов работы требуют дополнительного усилия, напряжения и особого внимания. Результативность труда в этом случае может и не снизиться, но само это усилие является симптомом утомления.

Другим характерным признаком утомления может служить появление незначительных ошибочных действий. В некоторых профессиях эти ошибки могут не нарушать хода производственного процесса, однако имеются такие виды трудовой деятельности, в которых малых ошибок нет и каждое неправильное действие приводит к серьезным последствиям. Это относится и к профессии инженера-механика.

На основании исследований, проведенных специалистами по инженерной психологии, можно представить следующие фазы изменения работоспособности водителя (оператора):

1. Психическое и физиологическое состояние человека в период, предшествующий работе, отличается от того, которое требуется для работы. Поэтому в начальный период работы имеется некоторое начальное рассогласование между новыми требованиями к инженеру-механику и его состоянием в этот момент, степень которого определяет длительность «вхождения» в работу (период вработываемости).

2. Вторая фаза – относительно устойчивой работоспособности – период, когда «вхождение» в работу закончено. Длительность этой фазы зависит от уровня подготовки инженера-механика, а также его динамической и статической адаптации.

3. Третья фаза – падение работоспособности и надежности, обусловленные утомлением. По современным представлениям утомление – это выражение изменения функционального состояния центральной нервной системы, которое представляет собой закономерную реакцию организма на работу. В первую очередь в результате утомления нарушаются сложные психические процессы, т. е. ухудшается индуктивная форма мышления. Инженер-механик при этом строит вместо полной вероятностной модели ситуации упрощенную, с ограниченным числом ожидаемых событий. Кроме того, ухудшается и моторное действие, что проявляется в снижении точности, скорости, согласованности движений по управлению автомобилем или трактором.

Скорость развития утомления зависит от множества факторов: динамической и статической адаптации, зрительного комфорта, рабочей среды и др.

Утомляемость оказывает решающее влияние на способность правильно, быстро и безопасно ориентироваться в обстановке.

Снижение работоспособности вследствие утомляемости не является чисто физиологическим явлением. Как показали исследования, важная роль в процессах утомления принадлежит психологическим факторам, напряжению нервной системы человека.

В практике работы водителя автомобиля (трактора) различают:

– естественное утомление, последствия которого исчезают уже на другой день;

– излишнее утомление, возникающее из-за неправильной организации труда;

– вредное утомление, последствия которого накапливаются и долго остаются неосознанными, пока не проявятся.

Главные факторы, вызывающие утомление водителей и другие отклонения во время работы:

– продолжительность непрерывного вождения автомобиля (трактора);

– психофизиологическое состояние водителя перед выездом в рейс или выходом в смену;

– вождение автомобиля (трактора) в ночное время;

– монотонность и однообразие вождения;

– условия труда на рабочем месте водителя.

Наиболее объективным доказательством утомления водителя при управлении автомобилем является количество ДТП в зависимости от продолжительности движения и прочих условий, сопутствующих утомлению. Установлена явная зависимость количества ДТП и несчастных случаев от продолжительности работы. Было доказано, что после 8 ч работы увеличивается относительное количество ДТП и несчастных случаев, причем до 10 ч оно незначительно, а начиная от 11 ч становится интенсивным. На 1-м часу работы по вине водителей допускается около 12 % ДТП, а после 8 ч работы – около 26 %.

Не меньшее влияние на утомляемость водителя оказывает его психофизиологическое состояние перед выездом. Оно ухудшается от недосыпания и нагрузки водителя перед началом работы (психическое напряжение, конфликтная нервнирующая обстановка, психическая травма).

Усиление утомления водителя происходит при управлении автомобилем в ночное время. Это связано с тем, что в этом случае мозг одновременно выполняет две функции: одну – управление

сельскохозяйственной машиной и другую, более тяжелую, – преодоление естественной склонности ко сну.

При монотонном и однообразном движении встречается особо опасный вид утомления, который вызывает заторможенное состояние высшей нервной деятельности водителя и может привести к слабости, сонливости и засыпанию за рулем. Такое состояние возникает в результате продолжительного повторения одного и того же действия. Проведенные опыты позволили сделать вывод, что большое количество ДТП, при расследовании которых не удается установить конкретной причины происшествия, происходят из-за потери внимания под влиянием езды по однообразной дороге. При этом ни моральное, ни материальное стимулирование, ни создание оптимальных гигиенических условий у некоторых водителей не могут сократить количество допускаемых ошибок.

Таким образом, утомление, возникающее у водителя, следует считать комбинированным, т. е. физическим, умственным и эмоциональным, т. к. в его работе элементы физического труда сочетаются с элементами интенсивной умственной деятельности и выраженным эмоциональным напряжением.

Большое нервно-эмоциональное напряжение водителя обусловлено постоянной готовностью реагировать на различные, внезапно возникающие изменения дорожной обстановки, ответственностью за жизнь пассажиров и пешеходов, за сохранность материальных ценностей. Водитель современных автомобилей должен быть мастером скоростного вождения, что требует широкого распределения и быстрого переключения внимания, высокой степени эмоциональной устойчивости и проявления волевых качеств. В некоторые периоды работы водитель вынужден выполнять необходимые операции по управлению автомобилем в быстром навязанном темпе, близком к пределу его психофизиологических возможностей.

Не менее важными факторами, ускоряющими утомление и вызывающими отклонения в психофизиологическом состоянии водителя, являются условия его труда (положение при работе, ритм и темп работы, перерывы в работе), микроклимат на его рабочем месте (температура, давление, влажность воздуха, загазованность, освещение, излучение) и уровень шума и вибрации.

## *2. Климатическая комфортабельность*

Ненормальные климатические условия в кабине автомобиля или трактора вредно отражаются на здоровье водителя (оператора)

и являются одной из причин, способствующей возникновению ДТП. Под влиянием повышенной температуры в кабине автомобиля (трактора) у водителя (оператора) притупляется внимание, снижается острота зрения, увеличивается время реакции, быстро наступает усталость, появляются ошибки и просчеты, которые могут привести к ДТП или к снижению качества выполнения технологической операции тракторным агрегатом. Установлено, что наиболее приемлемой температурой в кабине автомобиля (трактора) является температура 20 °С–22 °С. При снижении температуры до 13 °С степень относительной опасности ДТП возрастает в 1,5 раза, а при повышении ее до 27 °С – в 1,6 раза.

Одним из требований техники безопасности и гигиены труда является исключение возможности проникновения в кабину водителя отработавших газов, которые содержат ряд токсичных компонентов, в т. ч. оксида углерода. В зависимости от доли оксида углерода в воздухе и длительности работы водителя (оператора) в такой атмосфере результаты работы бывают различными.

Наиболее характерными признаками при незначительном отравлении являются сонливость, чувство усталости, интеллектуальная пассивность, нарушение пространственной координации движений, ошибки в определении дистанции и увеличение латентного периода при сенсомоторных реакциях. Проведенные исследования показали, что достаточно незначительного количества оксида углерода, чтобы вызвать у некоторых людей ощущение угара, одурманивание, головную боль, сонливость и потерю ориентировки, т. е. такие отклонения, которые могут привести к съезду с дороги, неожиданному повороту рулевого колеса, сну. Исследования воздушной среды в кабинах водителей и в пассажирских салонах автобусов показали, что в отдельных случаях содержание оксида углерода достигает 125 мг/м<sup>3</sup>, что в несколько раз превышает предельно допустимую концентрацию для рабочей зоны водителя.

Оксид углерода засасывается в салон вместе с отработавшими газами при технических неисправностях автомобиля. Лишенный всякого запаха и цвета, оксид углерода в течение длительного времени остается совершенно незамеченным. При этом работающий человек отравляется в три раза быстрее по сравнению с человеком, находящимся в состоянии покоя. Оксид углерода попадает на рабочее место водителя также вместе с отработавшими газами,

выбрасываемыми двигателями других автомобилей. Поэтому длительное вождение автомобиля, превышающее 8 ч, в условиях города крайне опасно из-за возможности отравления водителя оксидом углерода.

Условия, в которых человек не испытывает перегрева или переохлаждения, резкого движения воздуха и других неприятных ощущений, можно считать в тепловом отношении комфортными. Комфортные условия в зимний период несколько отличаются от этих же условий в летний период, что связано с применением человеком разной одежды. Основными факторами, определяющими тепловое состояние человека, являются температура, влажность и скорость воздуха, температура и свойства окружающих человека поверхностей. При различных сочетаниях этих факторов можно создать одинаковые комфортные условия в летний и зимний периоды эксплуатации.

Ввиду многообразия особенностей теплообмена между организмом человека и внешней средой выбор единого критерия, характеризующего комфортные условия и являющегося функцией параметров среды, является трудной задачей. Поэтому комфортные условия обычно выражают совокупностью показателей, ограничивающих отдельные параметры: температуру, влажность, скорость воздуха, максимальный перепад температур воздуха в кузове и вне его, температуру окружающих поверхностей (пола, стен, потолка), уровень радиации человека, подачу воздуха в ограниченное помещение (кузов, кабину) на одного человека в единицу времени или кратность воздухообмена.

Комфортные значения температуры и влажности воздуха, рекомендуемые различными исследователями, несколько отличаются. Так, для человека, выполняющего легкую работу, рекомендуется температура воздуха в зимнее время 20 °С–22 °С, в летнее 23 °С–25 °С при относительной его влажности 40 %–60 %. Допустимой является температура воздуха 28 °С при той же влажности и незначительной его скорости (около 0,1 м/с).

По результатам французских исследователей, для легких зимних работ рекомендуется температура воздуха 18 °С–20 °С при его влажности 50 %–85 %, а для летних 24 °С–28 °С при влажности воздуха 35 %–65%.

По некоторым зарубежным данным, водители автомобилей должны работать при более низких температурах (15 °С–17 °С

в зимний период эксплуатации и 18 °С–20 °С в летний) при относительной влажности воздуха 30 %–60 % и скорости его движения 0,1 м/с. Кроме того, перепад температур наружного воздуха и внутри кузова в летний период не должен превышать 10 °С. Разность температур внутри ограниченного объема кузова во избежание простудных заболеваний человека не должна превышать 2 °С–3 °С. Допустимый предел относительной влажности воздуха 30 %–70 %. Для обеспечения комфортных условий рекомендуемая скорость движения воздуха для зимних условий 0,15 м/с, для летних – 0,25 м/с, но не более 0,4 м/с. Рекомендуемая кратность обмена воздуха в небольших помещениях 20–30, а подача воздуха – не менее 30 м<sup>3</sup>/ч на одного человека.

В зависимости от условий работы для обеспечения комфортных условий в зимний период температуру можно принимать при легкой работе 21 °С, при умеренной – 18,5 °С, при тяжелой – 16 °С.

В настоящее время микроклиматические условия на автомобилях и тракторах регламентированы. Так, температура воздуха в кабине (кузове) в летний период не должна превышать 28 °С, в зимний (при наружной температуре –20 °С) не должна быть менее 14 °С. В летнее время при движении автомобиля со скоростью 30 км/ч перепад между внутренней и наружной температурой воздуха на уровне головы водителя не должен быть более 3 °С при наружной температуре +28 °С и более 5 °С при наружной температуре +40 °С. В зимнее время в зоне расположения ног, пояса и головы водителя следует обеспечить температуру не ниже +15 °С при наружной температуре –25 °С и не ниже +10 °С при наружной температуре –40 °С.

Влажность воздуха в кабине должна составлять 30 %–70 %.

Подвод свежего воздуха в кабину должен составлять не менее 30 м<sup>3</sup>/ч на одного человека, скорость движения воздуха в кабине и салоне автомобиля – 0,5–1,5 м/с.

Предельная концентрация пыли в кабине (салоне) не должна превышать 5 мг/м<sup>3</sup>.

В кабине трактора в теплый период года температура воздуха не должна превышать для всех зон 28 °С при относительной влажности 40 %–60 %. При этом в теплый период года (температура наружного воздуха +10 °С и выше) для зон с расчетной средней температурой в 13 ч дня самого жаркого месяца до 25 °С температура воздуха в кабине не должна превышать 28 °С. Для зон с расчетной



средней температурой воздуха в 13 ч дня самого жаркого месяца 25 °С–30 °С температура воздуха в кабине не должна превышать 31 °С, а для зон с расчетной средней температурой воздуха в 13 ч дня самого жаркого месяца свыше 30 °С температура воздуха в кабине не должна превышать 33 °С.

Перепад температур в кабине трактора не должен превышать 3 °С, а относительная влажность воздуха – 60 %. В районах с повышенной влажностью допускается увеличение относительной влажности на 10 %.

В периоды года с температурой наружного воздуха ниже 10 °С температура воздуха в кабине должна быть не ниже 14 °С.

Направление и скорость движения воздуха в кабине должны регулироваться. Скорость движения воздуха в зоне дыхания водителя (оператора) не должна превышать 1,5 м/с.

Средневзвешенная температура всех внутренних поверхностей кабины трактора (за исключением поверхностей стекол и панели, расположенной под щитком приборов) должна быть не выше 35 °С.

Устройства системы вентиляции должны создавать в закрытой кабине избыточное давление не менее 10 Па.

Концентрация пыли в кабине в зависимости от содержания SiO<sub>2</sub> не должна быть более указанной в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Допустимая концентрация пыли в кабине трактора

Содержание кристаллического SiO <sub>2</sub> в пыли, %	Средняя концентрация пыли, мг/м <sup>3</sup>
До 2	10
2–10	4
10–70	2
Свыше 70	1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочих зон салона и кабины автомобиля и трактора регламентируются ГОСТ Р 51206–98 для автомобилей и ГОСТ 12.2.019–86 для тракторов, в частности: оксид углерода (СО) – 20 мг/м<sup>3</sup>; оксиды азота в пересчете на NO<sub>2</sub> – 5 мг/м<sup>3</sup>; углеводороды суммарные (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) – 300 мг/м<sup>3</sup>; акролеин (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>CHO) – 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Паров бензина в салоне и кабине автомобиля не должно быть более 100 мг/м<sup>3</sup>.

Температурный режим в кабине (кузове) может быть ориентировочно рассчитан по уравнению теплового баланса, согласно которому температура воздуха в кабине (кузове) остается постоянной:

$$\sum Q_i = 0,$$

где  $Q_i$  – поступления теплоты в кабину от различных источников, Дж.

Тепловой баланс кабины (салона)  $\sum Q_i$ , Дж:

$$\sum Q_i = Q_{\text{ч}} + Q_{\text{по}} + Q_{\text{нпо}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{тр}} + Q_{\text{го}} + Q_{\text{эо}} + Q_{\text{вн}} = 0,$$

где  $Q_{\text{ч}}$  – количество теплоты, поступающей от людей, находящихся в салоне, Дж;

$Q_{\text{по}}$  – количество теплоты, поступающей через прозрачные ограждения, Дж;

$Q_{\text{нпо}}$  – количество теплоты, поступающей через непрозрачные ограждения, Дж;

$Q_{\text{дв}}$  – количество теплоты, поступающей от двигателя, Дж;

$Q_{\text{тр}}$  – количество теплоты, поступающей от трансмиссии, Дж;

$Q_{\text{го}}$  – количество теплоты, поступающей от гидрооборудования, электрооборудования, Дж;

$Q_{\text{эо}}$  – количество теплоты, поступающей от электрооборудования, Дж;

$Q_{\text{вн}}$  – количество теплоты, поступающей вместе с внешним воздухом и подаваемой вентилятором, Дж.

Слагаемые теплового баланса, входящие в уравнение, следует учитывать алгебраически, т. е. с положительным знаком при выделении теплоты в кабину и с отрицательным при ее отводе из кабины.

Условие теплового баланса выполняется в том случае, если количество теплоты, поступающее в кабину, равно количеству теплоты, отводимому из нее.

Температурные условия и подвижность воздуха в кабинах автомобилей и тракторов обеспечиваются системами отопления, вентиляции и кондиционирования.

В настоящее время существует большое число систем вентиляции и отопления кабин и салонов автомобилей и кабин тракторов, отличающихся компоновкой и конструкцией отдельных узлов. Наиболее экономичной и широко применяемой на современных автомобилях системой отопления является система, использующая теплоту водяного охлаждения двигателя. Совмещение систем отопления и общеобменной вентиляции кабины позволяет повысить экономичность всего комплекса устройств обеспечения микроклимата в кабине в течение года. Системы отопления и вентиляции отличаются в основном расположением воздухозаборника на наружной поверхности автомобиля, типом применяемого вентилятора и его расположением относительно радиатора отопителя (на входе или на выходе из радиатора), типом применяемого радиатора (трубчато-пластинчатый, трубчато-ленточный, с интенсифицированной поверхностью, матричный и др.), методом управления работой отопителя, наличием или отсутствием обводного воздушного канала, рециркуляционного канала и т. д.

Забор воздуха снаружи кабины в отопитель производится в месте минимальной запыленности воздуха и максимального динамического давления, возникающего при движении автомобиля. В грузовых автомобилях и тракторах воздухозаборник располагают на крыше кабины. В воздухозаборнике устанавливают водоотражательные перегородки, жалюзи и крышки, приводимые в действие изнутри кабины.

Для обеспечения подачи воздуха в кабину и преодоления аэродинамического сопротивления радиатора и воздухопроводов используется вентилятор осевого, радиального, диаметрального, диагонального или другого типа. В настоящее время наибольшее распространение получил двухконсольный радиальный вентилятор, т. к. он имеет сравнительно малые размеры при большой производительности.

Для привода вентилятора применяют электродвигатели постоянного тока. Регулирование частоты вращения электродвигателя и, соответственно, рабочего колеса вентилятора производят с помощью двух- или трехступенчатого переменного резистора, включенного в цепь питания электродвигателя.

От конструктивного и технологического исполнения теплопередающей поверхности радиатора зависят производительность теплоты

отопителя и его аэродинамическое сопротивление. Для повышения эффективности теплоотдачи от радиатора усложняют форму его каналов, по которым движется воздух, применяют различные турбулизаторы.

Решающую роль в эффективном равномерном распределении температур и скоростей воздуха в кабине играет воздухораспределитель. Насадки воздухораспределителя выполняют различной формы: прямоугольной, круглой, овальной и т. д. Их размещают перед стеклом ветрового окна, вблизи стекол дверей, в центре панели приборов, у ног водителя и в других местах, определяемых требованиями к распределению приточных воздушных потоков в кабине. В насадках устанавливают различные заслонки, поворотные жалюзи, управляющие пластины и т. д. Привод к заслонкам и поворотным жалюзи чаще всего располагают непосредственно в корпусе.

Воздуховоды к воздухораспределителю изготавливают из тонколистовой стали, резиновых шлангов, гофрированных пластмассовых труб и т. д. В некоторых автомобилях в качестве воздуховодов используют детали кабины, полость щитка приборов. Однако такое выполнение воздуховодов является нерациональным, т. к. не обеспечивает герметичность и увеличивает потери.

Безопасность движения автомобиля и качество выполнения технологического процесса тракторным агрегатом в значительной степени зависят от надежной и эффективной защиты ветрового стекла от запотевания и обмерзания, что достигается равномерным его обдувом теплым воздухом и подогревом до температуры выше точки росы. Такая защита стекла конструктивно проста, не ухудшает его оптических свойств, но требует увеличения производительности системы вентиляции и высокой теплоемкости стекла. Эффективность струйной защиты стекла от запотевания определяется температурой и скоростью воздуха на выходе из насадки, расположенной перед кромкой стекла. Чем выше скорость воздуха на выходе из насадки, тем меньше температура в зоне стекла отличается от температуры на выходе из насадки.

Компоновка системы вентиляции и отопления зависит от конструкций автомобиля (трактора), кабины, отдельных узлов и их размещения.

В отличие от автомобильных систем отопления и вентиляции, в тракторах большее внимание уделяется очистке поступающего в кабину воздуха. Это связано с тем, что при выполнении тракторным агрегатом технологического процесса (обработка почвы) вокруг

кабины трактора создается облако пыли. Около кабины сельскохозяйственных тракторов весной и осенью преобладает пыль минерального происхождения с частицами размером 1–5 мкм при концентрации вблизи от очага образования до  $1400 \text{ мг/м}^3$  при пахоте, посеве озимых и яровых культур, культивации и бороновании. На транспортных работах запыленность воздуха около кабины трактора значительно ниже.

При исследовании концентрации пыли и ее дисперсности непосредственно в месте забора обрабатываемого воздуха системой отопления и вентиляции в кабину важной является информация о результатах замеров, характеризующих распределение ее в облаке, охватывающем кабину. Экспериментальные исследования, выполненные на тракторе Т-150К, показали, что запыленность воздуха на уровне нижней части кабины с ее боковых сторон достигает  $185 \text{ мг/м}^3$ , спереди –  $180 \text{ мг/м}^3$ , а сзади –  $280 \text{ мг/м}^3$ . Запыленность воздуха на уровне крыши кабины составляет  $48 \text{ мг/м}^3$ , а на 0,5 м выше крыши кабины –  $36 \text{ мг/м}^3$ . Из других данных, полученных на основе испытаний различных машин, включая гусеничные тракторы, следует, что в передней части крыши кабины (в месте размещения воздухозаборника системы отопления и вентиляции) на различных видах работ кратковременная экстремальная расчетная концентрация пыли составляет до  $150 \text{ мг/м}^3$ , а расчетная средняя может быть принята равной  $50 \text{ мг/м}^3$ .

Таким образом, при выборе и оценке эффективности работы устройства для очистки обрабатываемого воздуха от пыли в системе отопления и вентиляции кабины в качестве расчетной можно принять начальную концентрацию пыли – минимальную  $50 \text{ мг/м}^3$  и максимальную  $150 \text{ мг/м}^3$  при ее дисперсном составе, характеризующемся размером частиц пыли 5 мкм и менее. Частицы этой высокодисперсной пыли, являясь носителями остаточных вредных примесей почвы (гербицидов, пестицидов, минеральных удобрений и др.), способны проникать глубоко в легкие человека и накапливаться в них с негативными для него последствиями.

Другие вредные примеси в обрабатываемом воздухе, например оксид углерода, имеют место при неудачном расположении среза выхлопной трубы двигателя относительно воздухозаборника устройства кондиционирования воздуха и утечках выхлопных газов в тракте или при выполнении специальных технологических операций.

Снижение концентрации оксида углерода в воздухе кабины обеспечивается конструктивно, а вопросы защиты от других агрессивных веществ требуют специальных мер.

В настоящее время получили распространение устройства для искусственного охлаждения воздуха, поступающего в кабину (кузов), – кондиционеры. По принципу действия кондиционеры подразделяются на фреоновые или пароконденсационные, с воздушной холодильной машиной, термоэлектрические и испарительные.

Автоматическое управление режимом работы отопителя некоторых автомобилей (тракторов) производится изменением расхода воды или воздуха через радиатор отопителя. При автоматическом регулировании за счет изменения расхода воздуха параллельно радиатору выполняют обводной воздушный канал, в котором устанавливают заслонку с приводом от электродвигателя.

Важное место в системе вентиляции кабины (кузова) автомобиля и особенно трактора из-за особенностей условий работы занимает очистка вентиляционного воздуха от пыли. Самым распространенным способом очистки вентиляционного воздуха в кбинах является его фильтрация в фильтрах из картона, синтетических волокнистых материалов, модифицированного пенополиуретана и др. Однако для эффективного использования таких фильтров, отличающихся небольшой пылеемкостью, с меньшим числом технических обслуживаний необходимо снижать концентрацию пыли на входе в фильтр. Для этого на входе в фильтр устанавливают пылеотделители инерционного типа с непрерывным удалением уловленной пыли для предварительной очистки воздуха.

Основные принципы обеспыливания вентиляционного воздуха основаны на использовании одного или нескольких механизмов осаждения частиц пыли из воздуха: инерционный эффект отделения и эффекты зацепления и осаждения. Инерционное осаждение осуществляется при криволинейном движении запыленного воздуха под действием центробежных и кориолисовых сил. На поверхность осаждения отбрасываются такие частицы, у которых масса или скорость значительны и которые не могут следовать вместе с воздухом по линии потока, огибающей препятствие. Инерционное осаждение проявляется и тогда, когда препятствиями являются элементы заполнения фильтров из волокнистых материалов, торцы плоских листов инерционных жалюзийных решеток и т. д.

При движении запыленного воздуха через пористую перегородку частицы, взвешенные в воздухе, задерживаются на ней, а воздух полностью проходит через нее. Исследования процесса фильтрации направлены на установление зависимости эффективности пылеулавливания и аэродинамического сопротивления от структурных характеристик пористых перегородок, свойств пыли и режима течения воздуха.

Процесс фильтрации в волокнистых фильтрах происходит в две стадии. На первой стадии частицы осаждаются в чистом фильтре без структурных изменений пористой перегородки. Изменения пылевого слоя по толщине и составу малы, и ими можно пренебречь. На второй стадии происходят непрерывные структурные изменения пылевого слоя и дальнейшее осаждение частиц в значительном количестве. При этом изменяется эффективность пылеулавливания фильтра и его аэродинамическое сопротивление, что осложняет расчет процесса фильтрации. Вторая стадия сложная и малоизученная, но в условиях эксплуатации определяет эффективность работы фильтра, т. к. первая стадия кратковременная.

Из всего многообразия фильтрующих материалов, применяемых в фильтрах системы обеспыливания вентиляционного воздуха кабин, можно выделить три группы: тканевые – из природных, синтетических и минеральных волокон; нетканые – войлок, бумага, картон, иглопробивные материалы и др.; ячеистые – пенополиуретан, губчатая резина и др.

Существенным недостатком фильтров из любого фильтрующего материала является необходимость их замены или технического обслуживания с целью регенерации (восстановления) фильтрующего материала. Частичная регенерация фильтра может быть проведена непосредственно в системе вентиляции обратной продувкой фильтрующего материала очищенным воздухом из кабины автомобиля или струйной локальной продувкой воздухом от компрессора с предварительной очисткой сжатого воздуха от паров воды и масла.

Для изготовления фильтров используются материалы естественного и искусственного происхождения.

К материалам естественного происхождения (природным) относятся хлопок, шерсть. Они имеют низкую термостойкость и высокую влагоемкость. Общим недостатком всех фильтрующих материалов естественного происхождения является их подверженность гнилостным процессам и отрицательному действию влаги.

К искусственным (синтетическим и минеральным) материалам относятся: нитрон, имеющий высокую стойкость к воздействию температур, кислот и щелочей; хлоран, имеющий низкую термостойкость, но высокую химическую стойкость; капрон, характеризующийся высокой устойчивостью к истиранию; оксалон, имеющий высокую термостойкость; стекловолокно и асбест, отличающиеся высокой термостойкостью, и др.

Высокие показатели пылеулавливающих, прочностных и регенерационных параметров имеет фильтрующий материал из лавсана. Широкое применение в фильтрах с импульсной продувкой воздуха при регенерации фильтра получили нетканые иглопробивные лавсановые фильтрующие материалы. Эти материалы получают уплотнением волокон с последующей прошивкой или иглопрокалыванием. Недостатком таких фильтрующих материалов является прохождение более мелких частиц пыли через отверстия, образованные иглами.

Конструкция фильтров из тканых или нетканых фильтрующих материалов для систем вентиляции кабин должна иметь максимальную поверхность фильтрации при минимальных размерах и аэродинамическом сопротивлении. Установка фильтра в кабине и его смена должны быть удобными и обеспечивать надежную герметичность по периметру фильтра.

### *3. Вибрационная комфортабельность*

С точки зрения реакции на механические возбуждения человек представляет собой некоторую механическую систему. Различные внутренние органы и отдельные части тела человека можно рассматривать как массы, соединенные между собой упругими связями с включением параллельных сопротивлений.

Относительные перемещения частей тела человека приводят к напряжениям в связках между этими частями и взаимному соударению и надавливанию. Такая вязкоупругая механическая система обладает собственными частотами и достаточно ярко выраженными резонансными свойствами. Резонансные частоты отдельных частей человека следующие: головы – 12–27 Гц, горла – 6–27 Гц, грудной клетки – 2–12 Гц, ног и рук – 2–8 Гц, поясничной части позвоночника – 4–14 Гц, живота – 4–12 Гц. Степень вредного воздействия колебаний на организм человека зависит от частоты, продолжительности и направления действия вибрации, индивидуальных особенностей человека.



Продолжительные колебания человека с частотой  $f = 3\text{--}5$  Гц вредно отражаются на вестибулярном аппарате и сердечно-сосудистой системе и вызывают синдром укачивания. Колебания с частотой  $f = 1,5\text{--}11$  Гц вызывают расстройствa вследствие резонансных колебаний головы, желудка, кишечника и в конечном счете всего тела. При колебаниях с частотой  $f = 11\text{--}45$  Гц ухудшается зрение, возникает тошнота, рвота, нарушается нормальная деятельность других органов. Колебания с частотой  $f \geq 45$  Гц вызывают повреждение сосудов головного мозга, происходит расстройство циркуляции крови и высшей нервной деятельности с последующим развитием вибрационной болезни.

Поскольку вибрация при постоянном воздействии оказывает неблагоприятное влияние на организм человека, ее нормируют.

Общий подход к нормированию вибрации заключается в ограничении виброускорения или виброскорости, измеренных на рабочем месте водителя в зависимости от направления действия вибрации, ее частоты и продолжительности.

Плавность хода машины характеризуется общей вибрацией, передающейся через опорные поверхности на тело сидящего человека. Локальная же вибрация передается через руки человека от органов управления машиной и ее влияние менее существенно, чем влияние общей.

В диапазоне частот  $f = 2\text{--}8$  Гц чувствительность организма человека к вибрации повышается. Причина этого заключается в резонансных явлениях различных частей тела человека и его внутренних органов.

Гигиеническую оценку вибрации проводят одним из трех методов: частотным (спектральным) анализом, интегральной оценкой по частоте и дозой вибрации.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются среднеквадратичные значения виброскорости  $V$  и их логарифмические уровни  $L_V$  или виброускорения  $a_z$  для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или третьоктавных полосах частот.

Стандарт ИСО 2631–78 устанавливает допускаемые среднеквадратичные значения виброускорения в третьоктавных полосах частот в диапазоне средних геометрических частот 1–80 Гц при различной

продолжительности действия вибрации. Стандарт ИСО 2631-1:1997 предусматривает оценку как гармонической, так и случайной вибрации. Направление общей вибрации принято оценивать вдоль осей ортогональной системы координат:  $z$  – вертикальное,  $x$  – продольное и  $y$  – поперечное.

Аналогичный подход к нормированию вибрации использован в ГОСТ 12.1.012–2004, положения которого являются основой определения критерия и показателей плавности хода автомобилей и тракторов.

В качестве критерия плавности хода введено понятие «безопасность», не допускающее нарушение здоровья водителя (оператора).

Показатели плавности хода обычно назначают по выходной величине, которой является вертикальное виброускорение  $a_z$  или вертикальная виброскорость  $V_z$ , определяемые на сиденье водителя (оператора). При оценке вибрационной нагрузки на человека предпочтительной выходной величиной является виброускорение. Для санитарного нормирования и контроля интенсивность вибрации оценивают среднеквадратичным значением  $a_z$  вертикального виброускорения, а также его логарифмическим уровнем  $L_{az}$ , дБ:

$$L_{az} = 20 \lg \frac{a_z}{a_{z0}},$$

где  $a_{z0} = 10^{-6}$  м/с<sup>2</sup> – пороговое среднеквадратичное значение вертикального виброускорения.

Среднеквадратичное значение  $a_z$  называют контролируемым параметром, а плавность хода машины определяют при постоянной вибрации в диапазоне частот 0,7–22,4 Гц.

Нормируемыми показателями вибрационной нагрузки на человека являются как одночисловые параметры (интегральная оценка), так и спектр вибрации (раздельно-частотная оценка).

К одночисловым параметрам относится скорректированное по частоте значение контролируемого параметра, с помощью которого учитывается неоднозначность восприятия человеком вибрации с различным спектром частот. Корректированное по частоте значение

контролируемого параметра и его логарифмический уровень определяются из выражений:

$$\%_z = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_{zi} a_{zi})^2};$$

$$L_{\%_z} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{azi} + L_{kzi})},$$

где  $a_{zi}$ ,  $L_{azi}$  – среднеквадратичное значение контролируемого параметра и его логарифмический уровень в  $i$ -й октавной или третьоктавной полосе;

$k_{zi}$ ,  $L_{kzi}$  – весовой коэффициент для среднеквадратичного значения контролируемого параметра и его логарифмический уровень в  $i$ -й полосе частот;

$$L_{kzi} = 20 \lg k_{zi};$$

где  $N$  – число полос в нормируемом диапазоне частот.

Значения весовых коэффициентов приведены в табл. 2.2. Согласно санитарным нормам, для одночислового параметра вибрационной нагрузки на человека при длительности смены 8 ч и общей вибрации нормативное среднеквадратичное значение вертикального виброускорения составляет  $0,56 \text{ м/с}^2$ , а его логарифмический уровень – 115 дБ.

Таблица 2.2

Значения весового коэффициента  $k_{zj}$  и его логарифмического уровня  $L_{kzj}$  для вертикального виброускорения при общей вибрации

Среднее геометрическое значение частоты третьоктавной и октавной полос $f_{срj}$ , Гц	Третьоктавная полоса частот		Октавная полоса частот	
	$k_{zi}$	$L_{kzi}$	$k_{zi}$	$L_{kzi}$
0,8	0,45	-7	0,50	-6
1,0	0,5	-6		
1,25	0,56	-5		

Среднее геометрическое значение частоты третьоктавной и октавной полос $f_{срj}$ , Гц	Третьоктавная полоса частот		Октавная полоса частот	
	$k_{zj}$	$L_{kzi}$	$k_{zj}$	$L_{kzi}$
1,6	0,63	-4	0,71	-3
2,0	0,71	-3		
2,5	0,80	-2		
3,15	0,90	-1	1,00	0
4,0	1,00	0		
5,0	1,00	0		
6,3	1,00	0	1,00	0
8,0	1,00	0		
10,0	0,80	-2		
12,5	0,63	-4	0,50	-6
16,0	0,50	-6		
20,0	0,40	-8		

При определении вибрационной нагрузки на человека с использованием спектра вибрации нормируемыми показателями являются среднеквадратичное значение виброускорения или его логарифмический уровень в третьоктавных и октавных полосах частот. Допускаемые значения спектральных показателей вибрационной нагрузки на человека приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Санитарные нормы спектральных показателей  
вибрационной нагрузки для вертикального виброускорения

Среднее геометрическое значение частоты третьоктавной и октавной полос $f_{срj}$ , Гц	Нормативное средне-квадратичное значение виброускорения $a_{zj}$ , м/с <sup>2</sup>		Нормативное значение логарифмического уровня виброускорения $L_{azj}$ , дБ	
	Третьоктавная полоса частот	Октавная полоса частот	Третьоктавная полоса частот	Октавная полоса частот
0,8	0,710	1,10	117	121
1,0	0,630		116	
1,25	0,560		115	

Среднее геометрическое значение частоты третьоктавной и октавной полос $f_{срj}$ , Гц	Нормативное средне-квадратичное значение виброускорения $a_{zj}$ , м/с <sup>2</sup>		Нормативное значение логарифмического уровня виброускорения $L_{azj}$ , дБ	
	Третьоктавная полоса частот	Октавная полоса частот	Третьоктавная полоса частот	Октавная полоса частот
1,6	0,500	0,79	114	118
2,0	0,450		113	
2,5	0,400		112	
3,15	0,335	0,57	111	115
4,0	0,315		110	
5,0	0,315		110	
6,3	0,315	0,60	110	116
8,0	0,315		110	
10,0	0,400		112	
12,5	0,500	1,13	114	121
16,0	0,630		116	
20,0	0,800		118	

В случае применения интегрального и раздельно-частотного методов оценки вибрационной нагрузки на человека можно прийти к различным результатам. В качестве приоритетного рекомендуется использовать метод раздельно-частотной (спектральной) оценки вибрационной нагрузки.

В настоящее время определены и используются в практике нормируемые показатели плавности хода машин, такие как виброускорение и виброскорость в вертикальной и горизонтальной плоскостях, устанавливаемые дифференцированно для различных частот колебаний. Последние группируются в семь октавных полос со средней геометрической частотой от 1 до 63 Гц (табл. 2.4).

На ряде специальных колесных и гусеничных машин, эксплуатируемых в тяжелых дорожных условиях, где амплитуды микропрофиля значительные, трудно обеспечить значения показателей плавности хода, регламентируемые для транспортной техники. Поэтому для таких машин устанавливают нормативные показатели плавности хода на более низком уровне (табл. 2.5).

Таблица 2.4

## Нормируемые показатели плавности хода транспортных машин

Параметр	Средняя геометрическая частота колебаний, Гц						
	1	2	4	8	16	31,5	63
Виброскорость, м/с:							
– вертикальная	0,200	0,071	0,025	0,013	0,011	0,011	0,011
– горизонтальная	0,063	0,035	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
Виброускорение, м/с <sup>2</sup> :							
– вертикальное	1,10	0,79	0,57	0,60	1,14	2,26	4,49
– горизонтальное	0,39	0,42	0,80	1,62	3,20	6,38	12,76

Таблица 2.5

## Нормы для машин, работающих в тяжелых условиях

Ускорения на рабочем месте водителя	Машина	
	транспортно-тяговая	тяговая
Вертикальные:		
– среднеквадратичные	0,5g	0,6g
– максимальные от эпизодических толчков	1,5g	2,5g
Горизонтальные:		
– среднеквадратичные	0,4g	0,4g
– максимальные от поворотных толчков	0,7g	1,0g

Нормы плавности хода для грузовых автомобилей, автобусов, легковых автомобилей, прицепов и полуприцепов определены для трех типов участков автополигона: I – цементной динамометрической дороги со среднеквадратичным значением (СКЗ) высот неровностей 0,006 м; II – булыжной мощеной дороги без выбоин с СКЗ неровностей 0,011 м; III – булыжной дороги с выбоинами с СКЗ неровностей 0,029 м.

Нормы плавности хода автомобилей, установленные ОСТ 37.001.291–84, приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Предельные технические нормы плавности хода грузовых автомобилей

Тип дороги	Корректированные значения виброускорений на сиденьях, $\text{м/с}^2$ , не более			Среднеквадратичные значения вертикального виброускорения в характерных точках поддрессорной части, $\text{м/с}^2$ , не более
	вертикальных	горизонтальных		
		продольных	поперечных	
I	1,0	0,65	0,65	1,3
II	1,5	1,00	0,80	1,8
III	2,5	1,60	1,60	2,7

Для тракторов нормирование вибрации регламентирует ГОСТ 12.2.019–86. Предельные нормы вибрации на сиденье водителя (оператора) в вертикальном направлении приведены в табл. 2.7, а в горизонтальном – в табл. 2.8.

Таблица 2.7

Среднеквадратичные значения ускорения,  $\text{м/с}^2$ , предельных параметров вибрации в вертикальном направлении на сиденье водителя (оператора) трактора

Класс трактора	Средняя геометрическая частота, Гц				
	2	4	8	16	31,5
0,6	1,15	0,80	0,60	1,14	–
0,9–1,4	1,30	0,60	0,50	0,40	–
2	1,20	0,60	0,50	0,40	–
3 (колесные)	1,30	0,45	0,35	0,40	–
3 и более (гусеничные)	0,55	0,60	0,90	1,00	1,90
5 и более (колесные)	1,30	0,40	0,25	0,25	–
1,4 (свекловодческие)	0,79	0,57	0,60	1,14	–

Таблица 2.8

Значения предельных параметров вибрации в октавной полосе  
в горизонтальном направлении на сиденье водителя (оператора) трактора

Наименование параметра	Средняя геометрическая частота, Гц						
	1	2	4	8	16	31,5	63
Средне-квадратичное значение ускорения, м/с <sup>2</sup>	0,316	0,423	0,80	1,62	3,20	6,38	12,76

Улучшение показателей плавности хода автомобилей и тракторов осуществляется реализацией следующих мероприятий:

- выбором компоновочной схемы автомобиля или колесного трактора, обеспечивающей независимость колебаний на передней и задней подвесках подрессоренной массы машины;
- выбором оптимальной характеристики упругости подвески;
- обеспечением оптимального соотношения жесткостей передней и задней подвесок автомобиля или колесного трактора;
- уменьшением массы неподрессоренных частей;
- подрессориванием кабины и сиденья водителя (оператора) трактора, грузового автомобиля и автопоезда.

#### 4. Акустическая комфортабельность

В кабине автомобиля и трактора распространенными помехами являются различные шумы, которые отрицательно сказываются на работоспособности водителя. Прежде всего страдает слуховая функция, но шумовые явления, обладая кумулятивными свойствами (т. е. свойствами накапливаться в организме), угнетают нервную систему, производя заметные изменения психофизиологических функций, – скорость и точность движений при этом значительно снижаются. Шум вызывает отрицательные эмоции, под его влиянием у водителя появляются рассеянность, апатия, нарушение памяти.

Воздействие шума на человека может быть подразделено в зависимости от интенсивности и спектра шума на следующие группы:

- очень сильный шум с уровнями 120–140 дБ и выше независимо от спектра – способен вызывать механические повреждения органов слуха и быть причиной тяжелых поражений организма;
- сильный шум с уровнями 100–120 дБ на низких частотах, выше 90 дБ на средних и выше, 75–85 дБ на высоких частотах – вызывает



необратимые изменения в органах слуха, а при длительном воздействии может быть причиной ряда заболеваний, в первую очередь – нервной системы;

– шум более низких уровней 60–75 дБ на средних и высоких частотах – оказывает вредное воздействие на нервную систему человека, занятого работой, требующей сосредоточенного внимания, к которой относится работа водителя (оператора) автомобиля (трактора).

Санитарные нормы подразделяют шумы на три класса и устанавливают для них допустимый уровень:

– 1 класс – низкочастотные шумы (наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 350 Гц, а выше нее понижаются) с допустимым уровнем 90–100 дБ;

– 2 класс – среднечастотные шумы (наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 800 Гц, а выше нее понижаются) с допустимым уровнем 85–90 дБ;

– 3 класс – высокочастотные шумы (наибольшие уровни в спектре расположены выше частоты 800 Гц) с допустимым уровнем 75–85 дБ.

Таким образом, шум называют низкочастотным при частоте колебаний не более 400 Гц, среднечастотным – 400–1000 Гц, высокочастотным – более 1000 Гц. По частоте спектра шум классифицируют на широкополосный, включающий почти все частоты звукового давления, дБА, и узкополосный, дБ.

Хотя частота акустических звуковых колебаний находится в пределах 20–20 000 Гц, ее нормирование в дБ осуществляется в октавных полосах с частотой 63–8000 Гц постоянного шума. Характеристикой же непостоянного и широкополосного шума является эквивалентный по энергии и восприятию ухом человека уровень звука в дБА.

В табл. 2.9 приведены нормируемые параметры звука в кабинах тракторов в соответствии с ГОСТ 12.2.120–88 и ГОСТ 12.1.003–83.

Таблица 2.9

Нормируемые уровни звукового давления, дБ,  
в октавных полосах в кабинах тракторов

Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА	Средняя геометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
80	95	87	82	78	75	73	71	69

Допустимые уровни внутреннего шума для автотранспортных средств по ГОСТ Р 51616–2000 приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Допустимые уровни внутреннего шума автотранспортных средств

Автотранспортное средство	Допустимый уровень звука, дБА
Автомобили для перевозки грузов:	
– категории N1 полной массой до 2 т	80
– категория N1 полной массой от 2,0 до 3,5 т	82
– категории N2, N3, кроме предназначенных для международных и междугородных перевозок	82
– категории N2, N3 для международных и междугородных перевозок	80
Полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров	80

Допустимые уровни внутреннего шума в кабине или салоне установлены безотносительно к тому, имеется ли здесь один источник шума или их несколько. Если звуковая мощность, излучаемая одним источником, удовлетворяет предельно допустимому уровню звукового давления на рабочем месте, то при установке здесь нескольких таких источников указанный предельно допустимый уровень будет превышен из-за их сложения. В результате общий уровень шума определяется по закону энергетического суммирования.

Суммарный уровень шума от нескольких одинаковых источников, дБА:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n,$$

где  $L_1$  – уровень шума одного источника, дБА;

$n$  – число источников шума.

При одновременном действии двух источников с разными уровнями звукового давления суммарный уровень шума

$$L_{\Sigma} = L_a + \Delta L,$$

где  $L_a$  – наибольший из двух суммируемых уровней шума;

$\Delta L$  – добавка, зависящая от разности уровней шума источников (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Величина  $\Delta L$

$L_a - L_b$ ( $L_a > L_b$ ), дБА	0	1,0	2,5	4,0	6,0	10,0
$\Delta L$ , дБА	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5

Из табл. 2.11 следует, что если уровень шума одного источника выше уровня другого на 8–10 дБА, то преобладать будет шум более интенсивного источника, т. к. в этом случае добавка  $\Delta L$  очень мала.

Общий уровень шума различных по интенсивности источников определяется по выражению

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg(1 + 10^{-0,1\Delta L_{1,2}} + 10^{-0,1\Delta L_{1,3}} + \dots + 10^{-0,1\Delta L_{1,n}}),$$

где  $L_1$  – наибольший уровень шума одного из источников;

$\Delta L_{1,2} = L_1 - L_2$ ;  $\Delta L_{1,3} = L_1 - L_3$ ;  $\Delta L_{1,n} = L_1 - L_n$  ( $L_2, L_3, \dots, L_n$  – уровни шума соответственно 2...n источников).

Расчет уровня шума с изменением расстояния источника выполняется по формуле

$$L_r = L_n - 20 \lg r - 8,$$

где  $L_n$  – уровень шума источника;

$r$  – расстояние от источника шума до объекта его восприятия, м.

Общий шум движущегося автомобиля или трактора складывается из шума, создаваемого двигателем, агрегатами, кузовом автомобиля

и его составными частями, шумом вспомогательного оборудования и качения шин, а также шумом от потока воздуха.

Шум в конкретном источнике порождается определенными физическими явлениями, среди которых наиболее характерными для автомобиля являются: ударное взаимодействие тел; трение поверхностей; вынужденные колебания твердых тел; вибрация деталей и узлов; пульсация давления в пневматических и гидравлических системах.

Источники шума автомобиля (трактора) можно разделить на механические (двигатель внутреннего сгорания (ДВС), корпусные детали, трансмиссия, подвеска, панели, шины, гусеницы, система выпуска); гидромеханические (гидротрансформаторы, гидромуфты, гидронасосы, гидромоторы); электромагнитные (генераторы, электромоторы); аэродинамические (впуск ДВС, выпуск ДВС, вентиляторы).

Анализ этих источников показывает, что шум имеет сложную структуру и складывается из шума отдельных источников. Наиболее интенсивными источниками шума являются: структурный шум двигателя (механический и шум процесса сгорания), шум впуска и его системы, шум выпуска и его системы, шум вентилятора системы охлаждения, шум трансмиссии, шум качения шин (шум шин), шум кузова.

Многолетними исследованиями установлено, что к основным источникам шумообразования в автомобиле (тракторе) следует отнести ДВС, элементы трансмиссии, шины, аэродинамический шум. Вторичным источником шума являются панели кузова. К второстепенным источникам относятся шумы навесных агрегатов двигателя, некоторых элементов трансмиссии, электродвигателей, отопителей, обдува стекол, хлопанье дверей и т. п.

Перечисленные источники генерируют механические и акустические колебания, разные по частоте и интенсивности. Характер спектра частот возмущений сложен для анализа ввиду наложения и взаимосвязанности по частотам рабочих процессов и возмущений от элементов трансмиссии, ходовой части, аэродинамических процессов и т. д., а также ввиду того, что многие источники являются одновременно возбудителями механических и акустических колебаний. В спектрах вибрации основных агрегатов трансмиссии и шума проявляются главным образом гармонические составляющие от основных источников возбуждения (двигателя и трансмиссии).

Динамическое взаимодействие частей агрегатов автомобиля (трактора) порождает колебательную энергию, которая, распространяясь от источников колебаний, создает звуковое поле автомобиля, трактора (шум автомобиля, трактора).

В соответствии с этим для решения задачи снижения интенсивности шума можно наметить следующие пути:

- снижение виброактивности агрегатов, т. е. уменьшение уровня колебательной энергии, генерируемой в источнике;
- принятие мер к снижению интенсивности колебаний на пути их распространения;
- воздействие на процесс излучения и передачи вибраций присоединенным деталям, то есть уменьшение их виброакустической активности.

Уменьшение виброактивности источника заключается в улучшении кинематических свойств систем автомобиля, трактора, в выборе параметров механических систем таким образом, чтобы их резонансные частоты были максимально удалены от частотного диапазона, содержащего рабочие частоты агрегатов, а также в снижении до минимума уровней колебаний в опорных точках и минимизации амплитуд вынужденных колебаний.

Снижение шума может быть достигнуто созданием малошумного процесса сгорания, улучшением виброакустических характеристик корпусных деталей, агрегатов, введением в их конструкцию демпфирования, усовершенствованием конструкции и качества изготовления подвижных деталей, повышением акустической эффективности глушителей шума впуска и выпуска и т. д.

Борьба с шумом и вибрацией при их распространении в процессе излучения, а также передачи колебательной энергии присоединенным деталям и агрегатам может производиться «отстройкой» системы несущих элементов от резонансных состояний путем виброизоляции, вибродемпфирования и виброгашения.

Виброизоляция – выбор таких параметров механических систем, которые обеспечивают локализацию вибрации в определенной зоне автомобиля, трактора без дальнейшего ее распространения.

Вибродемпфирование – использование систем, с помощью которых осуществляется активное рассеивание энергии колебаний вибрирующих поверхностей, а также применение материалов с большим декрементом затухания.

Виброгашение – применение в агрегатах, настроенных на определенную частоту и форму колебаний систем, действующих в противофазе.

Подавление шума в самом источнике его возникновения является активным способом шумоглушения и наиболее радикальным средством борьбы с шумами. Однако во многих случаях этот метод по тем или иным причинам не удастся применить или его эффективность оказывается недостаточной для снижения шума до требуемого уровня. Тогда приходится прибегать к пассивным методам защиты от шума – это вибродемпфирование поверхностей, звукопоглощение, звукоизоляция.

Под звукоизоляцией понимается снижение звука (шума), поступающего к приемнику, вследствие отражения от препятствий на пути передачи. Звукоизолирующий эффект возникает всегда при прохождении звуковой волны через границу раздела двух разных сред. Чем больше энергия отраженных волн, тем меньше энергия прошедших и, следовательно, тем больше звукоизолирующая способность границы раздела сред. Чем больше звуковой энергии поглощается преградой, тем выше ее звукопоглощающая способность.

Для определения эффективных путей снижения шума необходимо знать наиболее интенсивные источники шума, провести их разделение, а также определить необходимость и величины снижения уровней каждого из них.

Имея результаты разделения источников и их уровни, можно определить очередность по доводке автомобиля или трактора по шуму.

Шум, вызванный средними и высокочастотными колебаниями, передается в салон в основном по воздуху. Для уменьшения этой передачи следует особое внимание уделить герметизации салона, выявлению и устранению акустических дыр. Акустическими дырами могут быть сквозные и несквозные щели, технологические отверстия, участки с низкой звукоизоляцией, значительно ухудшающие общую звукоизоляцию конструкции.

С точки зрения особенностей передачи звуковой энергии акустическими отверстиями следует различать большие и малые. Большое акустическое отверстие характеризуется большим в сравнении с единицей отношением линейных размеров по площади отверстия к длине падающей на отверстие звуковой волны. Прак-

тически можно считать, что звуковые волны проходят через большое акустическое отверстие по законам геометрической акустики и прошедшая через отверстие звуковая энергия пропорциональна его площади. Для каждой категории отверстий имеется один или несколько эффективных методов их устранения.

### Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 2.12) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 2.12

Исходные данные

Номер варианта	Вид и изготовитель сельскохозяйственной машины
1	Зерноуборочный комбайн фирмы John Deere
2	Картофелеуборочный комбайн фирмы Dewulf
3	Свеклоуборочный комбайн фирмы Grimme
4	Трактор фирмы Massey Ferguson
5	Трактор фирмы Challenger
6	Трактор ОАО «МТЗ»
7	Опрыскиватель фирмы Lemken
8	Зерноуборочный комбайн фирмы CLAAS
9	Зерноуборочный комбайн фирмы New Holland
10	Зерноуборочный комбайн фирмы Fendt
11	Зерноуборочный комбайн ПО «Гомсельмаш»
12	Зерноуборочный комбайн фирмы ОАО «Лидагропромаш»
13	Зерноуборочный комбайн фирмы John Deere
14	Картофелеуборочный комбайн фирмы Dewulf
15	Свеклоуборочный комбайн фирмы Grimme
16	Трактор фирмы Massey Ferguson
17	Трактор фирмы Challenger
18	Трактор ОАО «МТЗ»
19	Опрыскиватель фирмы Lemken
20	Зерноуборочный комбайн фирмы CLAAS

Номер варианта	Вид и изготовитель сельскохозяйственной машины
21	Зерноуборочный комбайн фирмы New Holland
22	Зерноуборочный комбайн фирмы Fendt
23	Зерноуборочный комбайн ПО «Гомсельмаш»
24	Зерноуборочный комбайн фирмы ОАО «Лидагропромаш»

## **2.2. Определение антропометрических характеристик человека, используемых при проектировании сельскохозяйственной техники**

**Цель работы:** приобрести знания о статистических методиках определения антропометрических характеристик человека, используемых при проектировании сельскохозяйственных машин (оборудования).

**Материалы и оборудование:** методические рекомендации для выполнения данной работы; рулетка, линейка.

**Задание для практической работы:**

1. Изучить нормативно-технические требования, предъявляемые к антропометрическим характеристикам человека.
2. Построить кривые распределения значений антропометрической характеристики согласно индивидуальному заданию (табл. 2.15).
3. Составить отчет с анализом результатов исследований (прилож. 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно ознакомиться с содержанием учебно-методических материалов.
2. Вычертить графики нормального распределения для контролируемой характеристики (по индивидуальному заданию).
3. Определить барьер измерений.
4. Определить математическое ожидание, соответствующее максимуму кривой распределения  $M$ .
5. Определить среднеквадратическое отклонение, его процентное и численное значения.



6. Сравнить численные значения антропометрических характеристик, полученных в результате проведенных расчетов, и базовых, используемых при проектировании.

7. Написать заключение и выводы о проведенной работе.

### **Общие положения**

Люди различаются ростом, комплекцией, осанкой, размерами частей тела, поэтому перед конструктором, занимающимся проектированием транспортного средства, стоит непростая задача. Если выбрать достаточно большие размеры, определяющие положение водителя и пассажира в кузове, то неизбежно увеличатся размеры пассажирского салона или кабины, масса машины, материалоемкость конструкции и цена машины. Человек небольшого роста в таком автомобиле или тракторе будет испытывать определенные неудобства: ему будет трудно доставать ногами и руками до органов управления, возникнут проблемы с обзорностью.

Если выбрать достаточно большое число людей – потенциальных пользователей, тщательно обмерить элементы их тел, вычислить средние значения размеров и на основании этих данных сконструировать рабочее место водителя и места пассажиров для «среднего» человека, то будут недовольны люди, размеры которых отличаются от средних, а их большинство.

Конструктор должен скомпоновать места для водителя и пассажиров таким образом, чтобы обеспечить наибольшие удобства для людей любого роста и пропорций тела или хотя бы для большинства людей, а для этого необходимо знать реальные величины, характеризующие их параметры. От этого зависит надежность функционирования всей системы «человек–машина–окружающая среда, т. е. безопасность на улицах и дорогах.

Поскольку все люди различны, в антропометрии применяются статистические методы. Размеры тела человека и отдельных его частей определяются антропометрическими характеристиками (прилож. б).

Антропометрическая характеристика – это величина, измеряемая в линейных, угловых единицах или единицах массы, соответствующая размерным характеристикам и характеристикам массы

частей человеческого тела и взаимного их расположения. Антропометрическими характеристиками являются, например, рост человека, окружность головы, длина голени, масса тела, углы вращения в суставах и т. д.

Антропометрические характеристики являются случайными величинами, подчиняющимися закону нормального распределения (рис. 2.1).

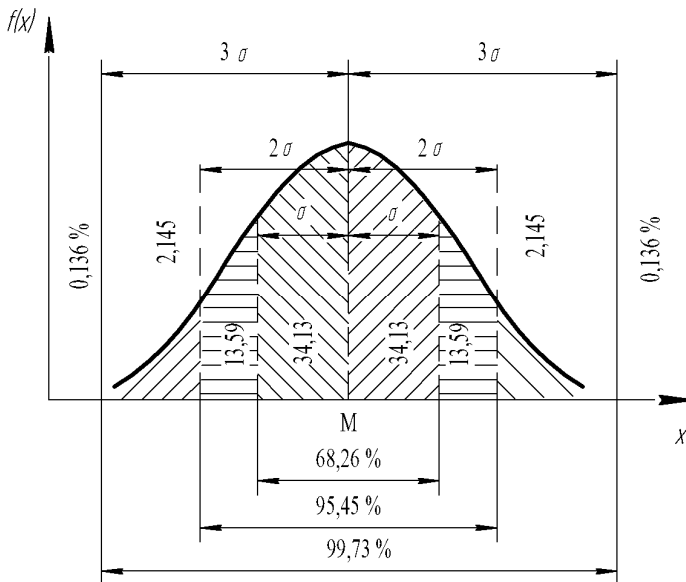


Рис. 2.1. График закона нормального распределения случайной величины

На графике закона нормального распределения случайной величины по оси абсцисс откладывается значение случайной величины  $x$  (применительно к данному случаю – числовое значение антропометрической характеристики), по оси ординат –  $f(x)$ , вероятность появления того или иного значения случайной величины (в процентах или долях единицы). Среднее, наиболее вероятное, значение случайной величины – математическое ожидание  $M$  – соответствует максимуму кривой распределения. Ширина кривой распределения, ее растянутость по горизонтали показывают изменчивость, варьирование случайной величины, которая характеризуется среднеквадратическим отклонением  $\sigma$  относительно математического

ожидания  $M$ . Площади, заключенные под участками кривой распределения, показывают, какое количество случайных величин попадает в эти зоны. В зону  $\pm\sigma$  относительно математического ожидания  $M$  попадает 68,25 % всех случайных величин, в зону  $\pm 2\sigma$  – 95,4 %, а в зону  $\pm 3\sigma$  – 99,73 %.

В антропометрии вероятность попадания какой-либо антропометрической характеристики в ту или иную зону кривой распределения принято оценивать в перцентилях.

Перцентиль – сотая доля объема всей совокупности людей, подвергавшихся антропометрическим исследованиям.

Если площадь, находящуюся под кривой нормального распределения, разделить на 100 равных частей (процентов), то получится соответствующее число перцентилей. Каждый из них имеет порядковый номер. На долю 1-го перцентиля приходится 1 % всех результатов наблюдений (наименьшее значение антропометрической характеристики), на долю 2-го – 2 % результатов наблюдений (значение антропометрической характеристики несколько больше) и т. д. При законе нормального распределения 50-й перцентиль соответствует средней арифметической величине (математическому ожиданию, моде, медиане).

Уровень репрезентативности – величина, выражаемая в процентах, соответствующая части населения при сплошном отборе индивидов, у которой численное значение какого-либо антропометрического признака меньше или равно его заданному значению.

В табл. 2.13 приведены данные, позволяющие определить численность людей, выраженную в процентах, размерам которых будет удовлетворять данная компоновка рабочего места оператора (водителя).

Таблица 2.13

Численность людей, размеры которых содержатся в выбранном интервале антропометрических характеристик

Интервал	Перцентиль (уровень репрезентативности), %	Численность людей, АХ которых содержатся в выбранном интервале, %
$M \pm 2,5\sigma$	1–99	98
$M \pm 2\sigma$	2,5–97,5	95
$M \pm 1,5\sigma$	5–95	90
$M \pm 1,15\sigma$	12,5–87,5	75
$M \pm 0,67\sigma$	25–75	50

Антропометрические характеристики условно можно разделить на статические и динамические (рис. 2.2). Условно – потому что все антропометрические характеристики определяются в статике, при неизменной позе обследуемого. Под статическими антропометрическими характеристиками понимаются линейные или угловые величины, характеризующие размеры частей тела человека, а под динамическими – линейные и угловые размеры, характеризующие углы вращения в суставах, зоны досягаемости при различных позах человека и т. п.

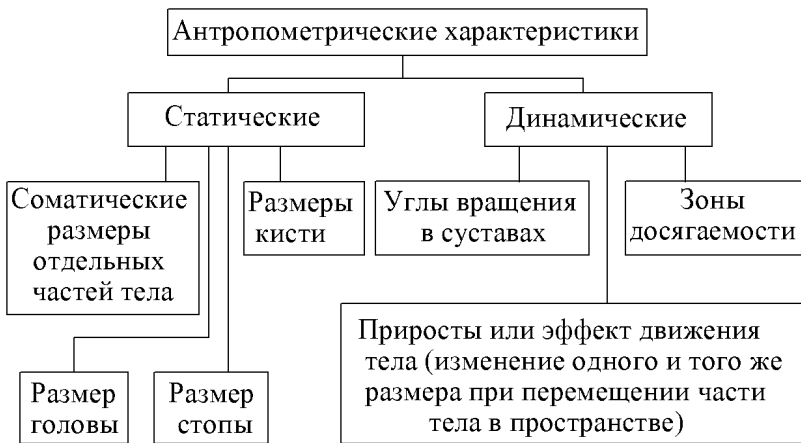


Рис. 2.2. Условия классификации антропометрических характеристик

Статические антропометрические характеристики используют для определения общих размеров рабочего места оператора, расположения и размеров сиденья, органов управления и других параметров; динамические – для назначения амплитуды рабочих движений рычагов, педалей и других органов управления, определения зон досягаемости при различных положениях тела человека и т. п.

На рис. 2.3 показаны основные антропометрические характеристики, а в прилож. 6 приведены их численные значения и указаны области применения.

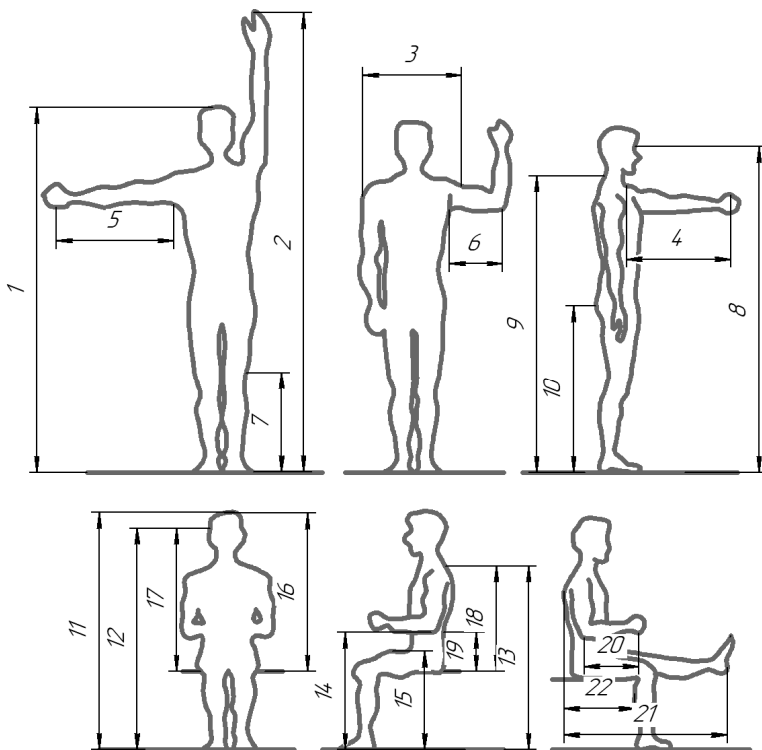


Рис. 2.3. Основные антропометрические характеристики

## Методика выполнения практической работы

1. Занести в табл. 2.14 данные из индивидуального задания антропометрических характеристик, используемых при разработке кабины.

Таблица 2.14

Основные размеры тела человека

Антропометрическая характеристика	Размеры, см				Область применения
	Мужчины		Женщины		
	М	σ	М	σ	
1. Длина тела (рост)					
и т. д.					

2. Вычертить графики нормального распределения для каждой из контролируемых характеристик.

*Пример.* Требуется определить антропометрическую характеристику «рост». Следует провести измерения роста всех студентов группы – 20 человек. В результате получается массив из 20 случайных чисел. Самый маленький рост (147 см) имеет только одна студентка, самый большой (195 см) – также только один студент. Строится график распределения случайной величины «рост» (рис. 2.4).

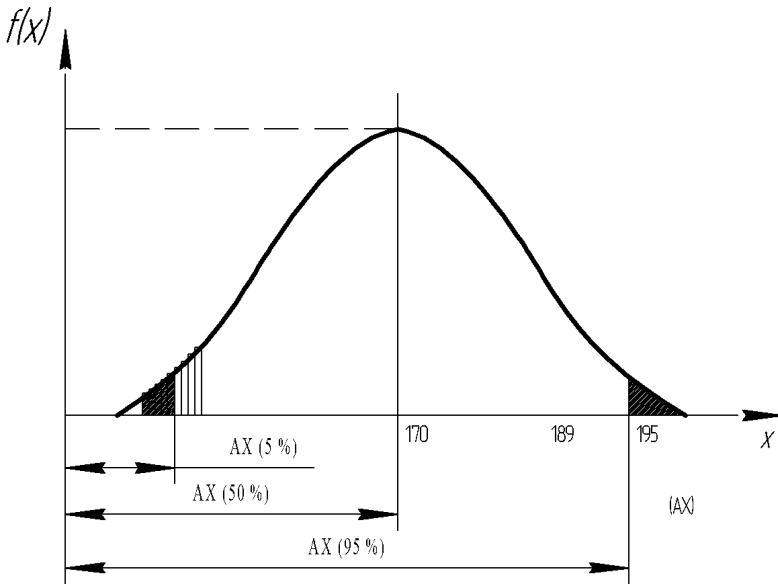


Рис. 2.4. Кривая распределения значений антропометрической характеристики

На оси абсцисс в каком-либо масштабе откладывается размер 147, а от этой отметки вверх – ордината, соответствующая в выбранном масштабе единице, поскольку получен только один размер 147 см. Затем, отступив вправо по оси абсцисс, вверх откладывают ординату, соответствующую, например, росту 149 см. Если таких замеров два, откладывают вверх ординату, соответствующую числу 2. Продолжая построения, получают столбчатую диаграмму, изображающую реальное распределение роста студентов в эксперименте.

Фрагмент этой диаграммы показан в левой части графика (рис. 2.4). Число одинаковых значений роста (с выбранной точностью 1 см) вначале увеличивается, а затем, после роста 170 см, начинает убывать, и, наконец, самый высокий рост 195 см встречается один раз. Это последний столбик на диаграмме. При очень большом (теоретически – бесконечно большом) числе измерений и очень малом (теоретически – бесконечно малом) интервале между значениями полученных случайных величин – верхушками столбиков – образуется плавная непрерывная кривая, подобная изображенной на рис. 2.4.

В реальности получить бесконечно большое число замеров нельзя, существуют математические методы, позволяющие при ограниченном числе измерений получить достоверную плавную кривую распределения. Она показана на рис. 2.4. Максимум кривой распределения в данном случае приходится на рост 170 см, это средний из полученных нами замеров – иначе говоря, рост, соответствующий математическому ожиданию. Половина (50 %) обследованных студентов имеет рост меньше такого или такой поэтому рост 170 см соответствует 50-му перцентилю, или 50%-му уровню репрезентативности.

### 3. Определить барьер измерений.

*Пример.* На графике (рис. 2.4) отмечают величину, соответствующую 5 % всех обмеренных студентов. Рост, меньший или равный полученному (в данном случае это 151 см), соответствует 5-му перцентилю, или 5%-му уровню репрезентативности. Таким же образом получают рост, соответствующий 95%-му уровню репрезентативности, или 95-му перцентилю, – 189 см.

Значит, понятие «5-й перцентиль, или 5%-й уровень репрезентативности» означает, что 5 % людей имеют такие же или меньшие антропометрические характеристики. Эти люди небольших размеров. Соответственно, человек 95-го перцентиля, или 95%-го уровня репрезентативности, имеет такой рост, что 95 % людей ниже него (или имеют такой же рост). Это высокий человек. Таким образом, ровно половина людей, прошедших антропометрические измерения, имеет рост, меньший, чем соответствующий 50-му перцентилю (50%-му уровню репрезентативности) или равный ему.

В идеальном случае размеры рабочего места водителя (оператора) должны быть такими, чтобы все взрослое население было в состоянии управлять данной машиной. Практически считается достаточным, чтобы около 90 % людей – потенциальных операторов могли удобно располагаться на рабочем месте, оставшиеся 5 % людей самого малого роста и 5 % самых высоких людей будут испытывать некоторые неудобства, обычно допустимые. Поэтому в конструкторской практике при компоновке рабочего места водителя сельскохозяйственной машины или оборудования используют размеры тела человека, соответствующие 5-му (или 10-му) и 95-му перцентилю (5%-му и 95%-му уровням репрезентативности). Некоторые размеры кабины проверяются применительно к 50-му перцентилю (50%-му уровню репрезентативности).

4. Определить математическое ожидание, соответствующее максимуму кривой распределения  $M$ .

*Пример.* В рассматриваемом случае это рост, соответствующий 50-му перцентилю, – 170 см.

5. Определить среднеквадратическое отклонение, его процентное и численные значения.

6. Сравнить численные значения антропометрических характеристик, полученных в результате проведенных расчетов.

*Пример.* Для определения базовых характеристик из прилож. 6 определяют математическое ожидание  $M$  искомой характеристики, обозначив ее как  $A$ , для манекена мужчины 95-го перцентиля. Для этого к математическому ожиданию  $M$  роста мужчины следует прибавить среднеквадратическое отклонение с соответствующим коэффициентом (для 95-го перцентиля этот коэффициент равен 1,65).

В результате характеристика

$$A = M + 1,65\sigma = 167,8 + 1,65 \cdot 5,8 = 177,37 \text{ см.}$$

Та же антропометрическая характеристика (внешняя ширина плеч) для манекена женщины 25-го перцентиля

$$A = M - 0,67\sigma = 156,7 - 0,67 \cdot 5,7 = 152,88 \text{ см.}$$

7. Написать заключение и выводы о проведенной работе.



## Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 2.15) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 2.15

Исходные данные

Номер варианта	Антропометрическая характеристика	Результаты измерений антропометрической характеристики									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Рост человека, см	162	175	182	180	163	168	174	178	180	169
2	Масса тела, кг	71	74	82	84	95	97	72	75	78	85
3	Окружность головы, см	56,1	56,2	55,8	54,8	54,9	55,5	57,1	55,9	56,0	55,7
4	Высота колен, см	50,6	46,7	48,6	51,2	54,3	48,8	48,6	49,1	50,5	51,2
5	Длина руки, см	63,4	61,0	62,0	63,2	64,5	61,4	60,1	60,5	61,7	62,8
6	Рост человека, см	161	170	182	180	161	168	172	178	180	160
7	Масса тела, кг	70	74	84	84	95	98	72	76	78	86
8	Окружность головы, см	56,2	56,2	55,8	54,8	54,9	55,6	57,3	55,9	56,0	55,8
9	Высота колен, см	50,7	46,7	48,6	51,2	54,4	47,8	48,6	49,1	51,5	51,3

Продолжение таблицы 2.15

Номер варианта	Антропометрическая характеристика	Результаты измерений антропометрической характеристики									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Длина руки, см	64,4	61,4	62,5	63,2	64,5	61,4	60,1	60,5	62,7	62,9
11	Рост человека, см	164	175	182	180	168	168	174	178	182	161
12	Масса тела, кг	70	74	82	84	95	93	72	75	78	88
13	Окружность головы, см	55,1	55,2	54,8	54,8	54,9	55,5	57,5	55,9	56,0	55,8
14	Высота колен, см	49,6	46,7	48,6	51,3	54,3	48,8	48,6	49,1	49,5	51,3
15	Длина руки, см	63,8	61,2	62,7	63,2	64,5	61,4	60,1	61,5	62,7	62,9
16	Рост человека, см	163	179	182	181	163	168	174	178	180	175
17	Масса тела, кг	73	74	82	88,5	95	98	72	75	79	84
18	Окружность головы, см	55,1	56,2	55,8	54,8	54,9	55,5	57,1	58,9	56,0	55,8
19	Высота колен, см	50,3	46,7	48,6	50,2	54,3	47,8	48,6	49,1	49,5	51,1
20	Длина руки, см	63,2	61,9	62,7	63,2	64,5	61,4	59,1	60,5	61,5	62,1

Номер варианта	Антропометрическая характеристика	Результаты измерений антропометрической характеристики									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Рост человека, см	168	179	183	181	163	178	174	178	180	176
22	Масса тела, кг	73,1	74,8	82,1	88,3	95,4	98,5	72,1	75,0	73,0	88,0
23	Окружность головы, см	55,5	56,2	55,8	55,8	54,9	55,5	57,1	58,9	56,0	52,8
24	Высота колен, см	51,3	46,7	48,6	50,2	54,8	47,8	48,6	49,1	49,5	51,9

### 2.3. Анализ компоновки рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины

**Цель работы:** научиться проводить анализ компоновки рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные акты (ГОСТ, СТБ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы, каталоги сельскохозяйственной техники.

**Задание для практической работы:** провести анализ компоновки рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины.

**Порядок выполнения работы:**

1. Самостоятельно ознакомиться с содержанием учебно-методических материалов.
2. Выполнить подготовительный этап анализа компоновки рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 2.17).

3. Выполнить основной этап анализа компоновки рабочего места оператора самоходной сельскохозяйственной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 2.17).

4. Составить отчет (прилож. 1).

### **Общие положения**

Трудовая активность человека определяется условиями, в которых он работает. К ним относятся рабочее пространство, рабочее место. Под рабочим пространством понимается некоторый объем, предназначенный в рабочей системе для трудовой деятельности одного человека или большего числа людей и позволяющий выполнить рабочую задачу. Рабочим местом называется та часть рабочего пространства, где располагается производственное оборудование, с которым взаимодействует человек в рабочей среде. На рабочем месте должны создаваться наилучшие условия:

– для размещения работающего человека с учетом рабочих движений и перемещений в соответствии с требованиями технологического процесса;

– для выполнения основных и вспомогательных операций в удобном рабочем положении, соответствующем специфике трудового процесса, с применением наиболее эффективных приемов труда;

– для расположения средств управления в пределах оптимальных границ пространства перемещений человека;

– для сохранения оптимального обзора источников визуальной информации при смене рабочей позы и рабочего положения;

– для свободного доступа к местам профилактических осмотров, ремонта и наладки, удобства их выполнения;

– для рационального размещения оборудования, безопасности работающих.

Рабочее пространство и организация рабочего места, достигаемость и величина усилий на органы управления, а также характеристики обзорности обуславливаются положением тела работающего. Наиболее распространены рабочие положения стоя и сидя. Каждое из положений характеризуется определенными условиями равновесия, степенью напряжения мышц, состоянием кровеносной и дыхатель-

ной систем, расположением внутренних органов и, следовательно, расходом энергии. Выбор рабочего положения связан с размерами пространства движений человека, величиной и характером (статическая, динамическая) рабочей нагрузки, объемом и темпом рабочих движений, требуемой степенью точности выполнения операций, особенностями предметно-пространственного окружения.

При анализе пространственной компоновки рабочего места параметры производственного оборудования и рабочего места условно делят на три группы: габаритные, свободные (несопряженные) и компоновочные (сопряженные).

*Габаритные параметры* – это предельные размеры рабочего места. Используют габаритные параметры рабочего места (высота, ширина, глубина) и габаритные параметры его элементов.

*Свободные параметры* – это параметры отдельных элементов рабочего места, которые не имеют общих баз отсчета, а следовательно, не сопряжены друг с другом. Это параметры рабочего сиденья, его спинки и т. п. Свободные параметры могут быть регулируемыми (переменными – высота рабочего сиденья) и нерегулируемыми (постоянными).

*Компоновочные параметры* характеризуют положение отдельных элементов рабочего места относительно друг друга и работающего человека. К ним относятся расстояния между элементами рабочего места, границы досягаемостей в моторном пространстве, зоны оптимального видения, высотные соотношения между рабочей поверхностью, сиденьем и подставкой для ног, размах движений приводных элементов органов управления и т. д. Компоновочные параметры могут быть постоянными и переменными (регулируемыми). Регулировка возможна за счет регулировки свободных параметров и за счет подвижности элементов рабочего места.

Классификация рабочих мест:

1. По отношению к целевому продукту:

- основные;
- вспомогательные;
- обслуживающие.

2. По месту, занимаемому в системе организации производства:

- рабочих;
- служащих;

- инженерно-технических работников (ИТР);
  - руководителей;
  - оперативного персонала.
3. По специфике организации взаимодействия работающих друг с другом в технологическом процессе:
- индивидуальные;
  - коллективные.
4. По степени изоляции:
- изолированные;
  - неизолированные (огражденные, не огражденные).
5. По характеру отношений к внешней среде:
- в помещении;
  - вне помещения.
6. По отдельным характеристикам средств труда:
- по уровню механизации труда;
  - для производства ручных работ;
  - для производства механизированных работ;
  - для производства автоматизированных работ;
  - для производства работ смешанного типа.
7. По степени специализации средств труда:
- рабочее место с универсальными средствами труда;
  - рабочее место со специализированными средствами труда;
  - рабочее место со специальными средствами труда.
8. По количеству обслуживаемого оборудования:
- одномашинные;
  - многомашинные.
9. По степени подвижности работающего:
- рабочее место без перемещения работающего;
  - рабочее место с ограниченным перемещением работающего относительно средств труда;
    - рабочее место с перемещением работающего в ограниченном пространстве (маршрутное, зональное) без использования средств транспорта.
10. По степени подвижности рабочего места:
- стационарные;
  - подвижные.

Анализ пространственной компоновки рабочего места складывается из двух этапов – подготовительного и основного.

Схема проведения подготовительного этапа:

1. Определить тип рабочего места согласно предлагаемой ГОСТ классификации. Выделить особенности рабочего места, если таковые имеются.

2. Составить номенклатуру средств труда на рабочем месте. Выделить основные и вспомогательные средства труда. Основные средства труда непосредственно выполняют операции технологического процесса, вспомогательные средства труда имеют подсобное значение и предназначены для обеспечения условий работы основного оборудования.

3. Составить перечень всех органов управления в порядке важности и частоты использования.

4. Разделить органы управления на группы согласно предлагаемой классификации:

- органы ручного и ножного управления;
- органы управления постоянного, периодического или эпизодического действия;

5. Составить перечень средств контроля и отображения информации.

6. Составить перечень технологической и организационной оснастки, определив их по технической документации.

7. Определить зоны сенсорной и моторной активности, выделив среди них постоянные, периодические и эпизодические. Зона постоянной сенсорной активности – зона выполнения основных рабочих операций. В сенсорной зоне периодической активности работающий пребывает несколько раз в течение рабочего дня через определенные промежутки времени, обусловленные характером протекания технологического процесса. Зона эпизодической сенсорной активности характеризуется относительной неопределенностью во времени, по мере необходимости (аварийная остановка оборудования, включение освещения и т. п.).

Схема проведения основного этапа:

1. Вычертить эскиз рабочего места в трех проекциях (виды сверху, спереди, сбоку).

2. На эскизах изобразить все элементы рабочего места, с которыми работающий взаимодействует в процессе труда.

3. Определить базы отсчета, от которых следует измерять компоновочные параметры рабочего места в каждой выделенной зоне сенсорной активности, и изобразить их на каждом эскизе.

4. Составить перечень компоновочных параметров рабочего места, подлежащих измерениям и анализу. Нанести на эскиз габаритные и компоновочные параметры рабочего места.

5. На основе эскизов выполнить чертежи рабочего места.

6. При расчете компоновочных и свободных параметров использовать антропометрические данные. Расчеты и измерения компоновочных параметров рабочего места следует проводить в ортогональной системе координат с внешней относительно тела человека базой отсчета. Базы отсчета располагаются на следующих плоскостях:

а) в положении стоя:

– на горизонтальной плоскости (пол или другая опорная поверхность для стоп, например подставка для ног, педаль и т. п.);

– на фронтальной плоскости (воображаемая плоскость, касательная переднему краю оборудования);

– на срединно-сагиттальной плоскости (профильной), совпадающей с одноименной плоскостью тела;

б) в положении сидя:

– на горизонтальной плоскости (пол или другая опорная поверхность для стоп);

– на фронтальной плоскости: касательной к переднему краю оборудования, если сиденье свободно-подвижно; касательной к наиболее выступающим точкам спины или спинки сиденья при закрепленном сиденье или при наличии его подвижности по направляющей вперед-назад;

– на срединно-сагиттальной плоскости, проходящей через середину сиденья (профильная) и совпадающей с одноименной плоскостью тела при выпрямленном корпусе.

Передним краем оборудования следует считать передний (ближний к работающему) край столешницы, панели пульта или выступающие за эти края приводные элементы органов управления (рычаги, маховики, педали и т. п.), т. е. те элементы оборудования, положение которых не позволяет рабочему подойти к оборудованию ближе. Для расчетов соотношений между высотой рабочей поверхности, высотой сиденья и высотой подставки для ног основной



базой отсчета служит пол. Базами отсчета для расчетов оптимальных расстояний или оценки уже рассчитанных расстояний между приводными элементами органов управления (параметры группировки органов управления) следует считать наиболее выступающие точки краев двух соседних приводных элементов при их нейтральном рабочем положении.

Параметры элементов рабочего места представлены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Параметры элементов рабочего места

Элементы рабочего места	Параметр	Измененное значение	Норматив
Рабочая поверхность	Высота рабочей поверхности (от уровня пола, рабочей площадки), мм. Ширина рабочей поверхности, мм. Глубина рабочей поверхности, мм. Пределы регулирования высоты рабочей поверхности, мм		
Зоны расположения органов управления в вертикальной плоскости	Зона досягаемости, мм. Зона легкой досягаемости, мм. Оптимальная зона, мм		
Зоны расположения органов управления в горизонтальной плоскости	Зона досягаемости по ширине, мм. Зона досягаемости по глубине, мм. Оптимальная зона по ширине, мм. Оптимальная зона по глубине, мм. Зона легкой досягаемости по ширине, мм. Зона легкой досягаемости по глубине, мм		

Элементы рабочего места	Параметр	Измененное значение	Норматив
Органы управления (ОУ)	<p>Расстояние от ОУ до края рабочей поверхности, мм.</p> <p>Расстояние между ОУ, мм.</p> <p>Частота использования ОУ, раз/ч.</p> <p>Величина сопротивления приводных элементов переключения, вращения ОУ, Н, кгс</p>		
Зоны расположения средств отображения информации (СОИ)	<p>Углы обзора СОИ в горизонтальной и вертикальной плоскостях, рад (град.).</p> <p>Расстояние между СОИ в зонах информационного поля, мм.</p> <p>Цвет индикаторов.</p> <p>Яркость знаков, кд/м<sup>2</sup>.</p> <p>Яркость фона, кд/м<sup>2</sup>.</p> <p>Частота сигналов, Гц.</p> <p>Уровень звукового давления сигналов, дБ</p>		
Рабочее сиденье	<p>Высота сиденья (от пола или другой опорной поверхности), мм.</p> <p>Глубина сиденья, мм.</p> <p>Ширина сиденья, мм.</p> <p>Пределы регулирования высоты сиденья, мм.</p> <p>Расстояние между высотой сиденья и рабочей поверхностью оборудования, мм.</p> <p>Угол наклона сиденья, рад (град.).</p> <p>Высота верхней кромки опорной поверхности спинки сиденья до верхней поверхности сиденья, мм.</p> <p>Пределы регулирования высоты спинки сиденья, мм.</p>		

Элементы рабочего места	Параметр	Измененное значение	Норматив
	<p>Высота опорной поверхности спинки сиденья от верхнего до нижнего края спинки сиденья, мм.</p> <p>Ширина опорной поверхности спинки сиденья, мм.</p> <p>Угол наклона спинки сиденья от вертикальной плоскости, рад (град.).</p> <p>Пределы регулирования угла наклона спинки сиденья, рад (град.)</p>		
Подлокотники	<p>Высота подлокотников до опорной поверхности сиденья, мм.</p> <p>Пределы регулирования высоты подлокотников, мм.</p> <p>Длина подлокотников, мм.</p> <p>Ширина подлокотников, мм.</p> <p>Расстояние между внутренними гранями подлокотников, мм</p>		
Пространство для ног	<p>Высота пространства для ног, мм.</p> <p>Ширина пространства для ног, мм.</p> <p>Глубина пространства для ног, мм</p>		
Пространство для стоп при работе стоя	<p>Высота пространства для стоп, мм.</p> <p>Ширина пространства для стоп, мм.</p> <p>Глубина пространства для стоп, мм</p>		
Подставка для ног	<p>Высота подставки для ног, мм.</p> <p>Ширина подставки для ног, мм.</p> <p>Длина подставки для ног, мм.</p> <p>Угол наклона подставки, рад (град.).</p> <p>Пределы регулирования угла наклона подставки для ног, рад (град.)</p>		

## Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 2.17) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 2.17

### Исходные данные

Номер варианта	Вид и изготовитель сельскохозяйственной машины
1	Зерноуборочный комбайн фирмы John Deere
2	Картофелеуборочный комбайн фирмы Dewulf
3	Свеклоуборочный комбайн фирмы Grimme
4	Трактор фирмы Massey Ferguson
5	Трактор фирмы Challenger
6	Трактор ОАО «МТЗ»
7	Опрыскиватель фирмы Lemken
8	Зерноуборочный комбайн фирмы CLAAS
9	Зерноуборочный комбайн фирмы New Holland
10	Зерноуборочный комбайн фирмы Fendt
11	Зерноуборочный комбайн ПО «Гомсельмаш»
12	Зерноуборочный комбайн фирмы ОАО «Лидагропромаш»
13	Зерноуборочный комбайн фирмы John Deere
14	Картофелеуборочный комбайн фирмы Dewulf
15	Свеклоуборочный комбайн фирмы Grimme
16	Трактор фирмы Massey Ferguson
17	Трактор фирмы Challenger
18	Трактор ОАО «МТЗ»
19	Опрыскиватель фирмы Lemken
20	Зерноуборочный комбайн фирмы CLAAS
21	Зерноуборочный комбайн фирмы New Holland
22	Зерноуборочный комбайн фирмы Fendt
23	Зерноуборочный комбайн ПО «Гомсельмаш»
24	Зерноуборочный комбайн фирмы ОАО «Лидагропромаш»

## 2.4. Внешняя информативность сельскохозяйственных машин

**Цель работы:** научиться проводить анализ внешней информативности сельскохозяйственных машин.

**Материалы и оборудование:** технические нормативные акты (ГОСТ, СТБ и др.); методические рекомендации для выполнения данной работы, каталоги сельскохозяйственной техники.

**Задание для практической работы:** провести анализ внешней информативности сельскохозяйственной машины.

**Порядок выполнения работы:**

1. Выбрать критерии оценки внешней информативности сельскохозяйственной машины.
2. Выполнить анализ внешней информативности сельскохозяйственной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 2.18).
3. Составить отчет с обоснованием выводов по каждому критерию оценки (прилож. 1).

### Общие положения

Динамическая информационная модель дорожно-транспортной ситуации создается в сознании водителя на основе информации, поступающей к нему через органы чувств.

В условиях плотного транспортного потока и дефицита времени на обработку поступающей водителю (оператору) информации особенно важно, чтобы каждый автомобиль как участник дорожного движения был вовремя замечен и опознан и предоставил водителям достаточный объем информации о себе. Иначе говоря, машина должна обладать определенной информативностью.

Информативность – это совокупность потенциальных свойств, присущих объекту и определяющих возможность его опознания. В работе 1.2 рассмотрена внутренняя информативность, посвященная разработке панели приборов, а в данной работе говорится о внешней визуальной информативности сельскохозяйственной машины.

Принято различать пассивную и активную внешнюю информативность. Пассивная информативность – способность трактора или сельскохозяйственной машины передавать информацию без затрат энергии (формой, цветом, световозвращающими устройствами).

Активная информативность – способность передавать информацию с затратами энергии (система освещения и световой сигнализации).

Чтобы другие операторы могли правильно воспринять информацию о сельскохозяйственной машине и оценить ее, машина должна внятно «заявлять о себе». Это помогает другим операторам прогнозировать возможные изменения скорости или траектории движения машины.

Форма кузова содержит определенную информацию о потенциальных динамических свойствах машины. Если водитель, например, собирается совершить обгон, то он оценивает дистанцию до встречной машины и в зависимости от предполагаемой скорости этой встречной машины принимает решение о начале обгона или об отказе от него. В данном случае имеет значение информация о скоростных возможностях встречной машины, которая и сообщается водителю, в частности посредством формы.

Цвет (точнее, цветографические свойства) транспортного средства характеризуется следующими параметрами:

- сигнальностью (возможностью четкого выделения транспортного средства из окружающей среды);
- опознаваемостью (возможностью определить с помощью цвета или сочетания цветов тип и назначение транспортного средства);
- психофизиологической комфортностью (отсутствием нарушения восприятия при длительном воздействии цвета на зрение).

Если рассматривать значение цвета в восприятии объекта в контексте живой природы, то у ее представителей эволюция выработала несколько видов окраски, помогающих выживанию.

*Маскирующая окраска* помогает живому существу зрительно слиться с фоном, сделаться незаметным. Заяц, например, зимой белый, а летом – коричневато-серый. У обитателей моря верхняя часть тела окрашена в коричневато-синий цвет, а нижняя – в серебристо-белый, что соответствует цвету глубокой воды при взгляде сверху и цвету при взгляде снизу, из глубины, к поверхности. Некоторые живые существа (осьминоги, хамелеоны) меняют окраску в зависимости от цвета конкретного места, в котором находятся. Для армейской формы маскирующую окраску (хаки) впервые применили японцы во время русско-японской войны. Это давало японским солдатам несомненные преимущества по сравнению с белыми гимнастерками русских.

*Разбивающая окраска* характеризуется более или менее крупными пятнами двух-трех контрастных цветов. Она рассчитана на то, что какой-либо из цветов сольется с цветом фона местности. Тогда наблюдателем живое существо не воспринимается как таковое, он видит лишь несколько беспорядочных пятен. Этим приемом пользуются для окрашивания армейской техники и одежды (камуфляж).

В природе живые существа используют также *пугающую, угрожающую окраску*. Например, бабочки на крыльях могут иметь пятна, напоминающие глаза крупного животного.

В отличие от представленных примеров, с точки зрения сигнальности целесообразно окрашивать машины и транспортные средства в такие цвета, которые в наибольшей степени контрастировали бы с цветом фона, с преобладающим цветом местности, в которой они в основном эксплуатируются. Белый трактор зимой на снегу плохо заметен, что повышает вероятность ДТП с его участием. Трактор цвета «мокрый асфальт» плохо различим в сумерках на обычной дороге.

Сформулированы общие рекомендации по выбору цвета трактора и сельскохозяйственной машины.

Белый цвет зрительно увеличивает размеры предмета. В результате маленькая машина будет казаться больше, она лучше заметна на дороге практически при любом освещении.

Черный цвет в основном используется для автомобилей, имеющих официальное назначение (для служебных и представительских автомобилей). Такие машины обычно имеют большие габариты, а черный или темно-синий цвет окраски зрительно несколько уменьшает их. Для маленьких легковых автомобилей черный цвет вряд ли уместен.

Яркие цвета (красный, оранжевый, желтый, ярко-зеленый, голубой) делают трактор и сельскохозяйственную машину хорошо заметными на дороге и снижают вероятность ДТП.

Светло-коричневый, бежевый и приглушенный темно-желтый цвета практичны, на них мало заметна дорожная грязь, но они хуже воспринимаются как зрительный сигнал.

Для трактора, работающего в поле, в лесу или кустарнике, часто используют красновато-коричневый цвет. Это оправдано по двум соображениям: на фоне зеленой листвы он лучше заметен, и на нем меньше видна грязь.

Все темные цвета (темно-серый, черный, темно-синий, темно-зеленый и другие) даже при легком тумане и в сумерках делают трактора и сельскохозяйственные машины малозаметными и повышают вероятность ДТП.

Кроме перечисленных соображений в пользу того или иного цвета окраски трактора или сельскохозяйственной машины приходится учитывать требования моды и индивидуальные запросы потенциального покупателя. Многие зарубежные фирмы, стремящиеся к увеличению продаж своей продукции, проводят специальные исследования с привлечением профессиональных психологов и маркетологов. Время от времени результаты таких исследований публикуются в средствах массовой информации. Чаще всего эти публикации носят шуточный характер, но в основе исследований лежат серьезные психофизиологические факторы.

Автомобили специального назначения (пожарные, аварийные, скорой медицинской помощи и др.) имеют специальную раскраску, предписанную руководящими документами.

В темное время суток основные сигнальные функции выполняются приборами наружного освещения и системой световой сигнализации автомобиля или трактора. Наружное освещение выполняет две задачи: обеспечивает видимость водителю и делает транспортное средство видимым для других участников движения. Для выполнения первой задачи служат фары, для второй – фонари и пассивные светосигнальные устройства (светоотражатели, катафоты).

Согласно ГОСТ Р 41.80–99 (Правила ЕЭК ООН № 80) устройства, предназначенные для освещения дороги и подачи световых сигналов другим участникам дорожного движения, именуются огнями.

Огни характеризуются расположением, углами видимости в вертикальном и горизонтальном направлениях, цветом. Под углами геометрической видимости понимаются углы, определяющие зону минимального телесного угла, в которой должна быть видна видимая поверхность огня.

Фары дальнего света (белые, две или четыре), могут комбинироваться с фарами ближнего света или устанавливаться отдельно, в любом случае – симметрично относительно продольной средней вертикальной плоскости транспортного средства. Фара дальнего



света – огонь, предназначенный для освещения дороги на большое расстояние спереди от транспортного средства (на автомобиле обязательна, на прицепе запрещена). Обязательно наличие контрольного сигнала о включении фар дальнего света, обычно это индикатор синего цвета на панели приборов.

Габаритный огонь (белый) служит для сигнализации спереди транспортного средства и его габаритной ширины (его установка обязательна на автомобилях и прицепах шириной более 1600 мм). Расположение: по ширине – наружная точка видимой поверхности должна находиться на расстоянии не более 400 мм от наружной габаритной поверхности транспортного средства; по высоте – нижняя кромка видимой поверхности на высоте не менее 350 мм от дороги, верхняя кромка – не более 1500 мм (в некоторых случаях до 2100 мм). Контрольный сигнал для водителя (лампочка на панели приборов) обязателен.

Указатель поворота (желтый) сигнализирует о намерении водителя повернуть вправо или влево. Огонь мигающий, часто совмещается с габаритным огнем. Контрольный сигнал для водителя обязателен.

Фара ближнего света (белая, две); имеет то же назначение, что и фара дальнего света, но излучаемый ею световой поток сформирован таким образом, чтобы не ослеплять чрезмерно и не причинять неудобства водителям встречных транспортных средств и другим участникам дорожного движения. Световой поток ограничен сверху и сделан асимметричным: в сторону обочины дороги (для Беларуси – вправо) фара светит на большее расстояние. Расположение: по ширине – не более 400 мм от габарита автомобиля, по высоте – минимум 500 мм (нижняя точка фары), максимум – 1200 мм (верхняя точка).

Со стоп-сигналом или задними габаритными огнями могут комбинироваться (если они не устанавливаются отдельно) задние светоотражающие устройства не треугольной формы (два, симметрично). Они обязательны для автомобилей, располагаются на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины, на высоте от 250 до 900 мм над дорогой.

Указатель поворота, желтый, как и передний, сигнализирует о намерении водителя повернуть вправо или влево. Расположение по ширине – не более 400 мм от боковой габаритной плоскости транспортного

средства, по высоте – обычно от 500 до 1500 мм над дорогой (в отдельных случаях – от 350 до 2300 мм).

Задний противотуманный фонарь, красный, является обязательным, он может быть парным или одиночным, в последнем случае устанавливается (для стран с правосторонним движением) слева от продольной плоскости симметрии транспортного средства. Включается отдельным выключателем, контрольный сигнал обязателен.

Кроме описанных сигнальных огней применяются и другие. Аварийный сигнал создается одновременным включением в мигающем режиме всех указателей поворота, установленных на автомобиле. Обязателен контрольный сигнал, также работающий в мигающем режиме.

Применяются также стояночный огонь, контурный огонь, различные светоотражающие устройства. Их расположение оговорено стандартом.

Никакой огонь не может быть мигающим, за исключением огней указателей и огней аварийного сигнала, мигающий режим которых должен иметь частоту  $90 \pm 30$  в минуту. Никакой свет красного цвета не должен излучаться вперед транспортного средства, аналогично никакой свет белого цвета не должен излучаться назад, кроме фонарей заднего хода.

В некоторых случаях, оговоренных стандартами, транспортные средства оборудуются мигающими огнями («маячками»), видимыми со всех сторон.

Тракторы оборудуются фарами, свет которых должен обеспечивать достаточную освещенность дороги в направлении движения, а также пространства, на котором производятся технологические операции (ГОСТ 12.2.019–2015). При движении тракторов по дорогам общего пользования их светосигнальные устройства должны соответствовать тем же стандартам и правилам, что и для других транспортных средств (автомобилей, прицепов и т. п.).

### **Индивидуальное задание**

Номер варианта (табл. 2.18) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

## Исходные данные

Номер варианта	Вид и изготовитель сельскохозяйственной машины
1	Зерноуборочный комбайн фирмы John Deere
2	Картофелеуборочный комбайн фирмы Dewulf
3	Свеклоуборочный комбайн фирмы Grimme
4	Трактор фирмы Massey Ferguson
5	Трактор фирмы Challenger
6	Трактор ОАО «МТЗ»
7	Опрыскиватель фирмы Lemken
8	Зерноуборочный комбайн фирмы CLAAS
9	Зерноуборочный комбайн фирмы New Holland
10	Зерноуборочный комбайн фирмы Fendt
11	Зерноуборочный комбайн ПО «Гомсельмаш»
12	Зерноуборочный комбайн фирмы ОАО «Лидагропроммаш»

### 2.5. Анализ конструкции сельскохозяйственных машин средствами композиции

**Цель работы:** научиться проводить анализ конструкции сельскохозяйственных машин средствами композиции.

**Материалы и оборудование:** методические рекомендации для выполнения данной работы, каталоги сельскохозяйственной техники.

**Задание для практической работы:** провести анализ конструкции сельскохозяйственной машины.

**Порядок выполнения работы:**

1. Выбрать критерии оценки конструкции сельскохозяйственной машины.

2. Выполнить анализ исходя из выбранных критериев оценки конструкции сельскохозяйственной машины согласно индивидуальному заданию (табл. 2.19).

3. Составить отчет с обоснованием выводов по каждому критерию оценки (прилож. 1).

## Общие положения

Основная задача анализа уровня дизайна промышленного изделия – объективное выявление его достоинств и недостатков, а также соответствие предложенного изделия предъявляемым современным требованиям. Методики, разработанные во Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики (ВНИИТЭ), послужили основой для разработки общих принципов оценки дизайна промышленного изделия.

Анализ дизайна промышленных изделий предполагает следующие этапы:

1. Сбор информации об изделии – изучение новейших сведений о проектировании и производстве аналогов создаваемого изделия, которые, не ограничиваясь внешним видом, включают в себя также сведения о технических данных, особенностях конструкции и т. д.

2. Составление эталонного ряда из изделий-аналогов с различными уровнями качества включает в себя подбор образцов, их оценку и размещение в ряд по качественным признакам. Чем больше сходных параметров (мощность двигателя, емкость, волновой диапазон и т. д.) будет у аналогов, тем точнее определится уровень качества рассматриваемого изделия. В том случае, если разрабатывается принципиально новое изделие, внешний вид промышленного изделия (величина, форма, фактура, цвет) определяется:

- функцией;
- способом производства;
- физико-механическими свойствами материала.

3. Анализ функциональных характеристик. На этом этапе анализируется все, что относится к удобству пользователя с учетом требований эргономики и подробным рассмотрением этапов функционирования изделия. Учитываются также вопросы взаимосвязи со средой: характер формы, стилевая направленность, варианты использования, согласованность по размерам с соседствующими элементами среды, заметность формы, ее информационность и т. д.

4. Анализ соответствия формы конструкции. Задача данного этапа – выявить органичность формы и конструкции, проследить логику развития формы, ее непротиворечивость конструктивной

основе. Так, будильник, на котором трудно найти кнопку, чтобы прекратить звон (если к тому же ее приходится искать в темноте), должен быть максимально устойчив. Форма должна быть тектонически правдива: легкое должно быть раскрыто в форме как легкое, а тяжелое не должно маскироваться под легкое.

5. Анализ соответствия формы и материала должен удовлетворять следующим требованиям:

- материал соответствует функциям изделия, т. е. применение данного материала в конкретном изделии целесообразно;
- материал соответствует конструкции изделия, т. е. использование материала в данном промышленном изделии рационально;
- декоративные качества материала оцениваются с позиции целостности восприятия формы;
- степень использования материала определяется степенью его раскрытия – выявления его свойств, качества обработки и т. д.

6. Анализ формы и технологичности изделия связан со спецификой производственных процессов при изготовлении изделия. Изделие может быть технологично и нетехнологично, т. е. его процесс производства будет неоправданно трудоемким или будет включать большое количество ручных операций, необходимость что-либо доделывать. В этом случае изделие относится к разряду декоративно-прикладного искусства либо к области арт-дизайна – единичного, уникального объекта, обладающего высокой художественной ценностью.

7. Анализ композиции выявляет:

- целостность и гармоничность формы, которая выражается в соразмерности элементов, масштабности, правильном пропорциональном соответствии частей и целого, здесь же рассматриваются такие средства композиции, как ритмическое строение, нюансировка формы, контрасты цветов, выразительность фактуры;
- связь формы со средой;
- единство характера всех элементов формы – «чувство формы», ее стилевая характеристика;
- соответствие формы стилевой направленности.

8. Выводы и заключение предполагают объективную оценку дизайна промышленного изделия на основе проведенного анализа.

## Индивидуальное задание

Номер варианта (табл. 2.19) выбирается согласно порядковому номеру в журнале.

Таблица 2.19

### Исходные данные

Номер варианта	Вид и изготовитель сельскохозяйственной машины
1	Опрыскиватель фирмы Lemken
2	Зерноуборочный комбайн фирмы CLAAS
3	Зерноуборочный комбайн фирмы New Holland
4	Зерноуборочный комбайн фирмы Fendt
5	Зерноуборочный комбайн ПО «Гомсельмаш»
6	Зерноуборочный комбайн «Ростсельмаш»
7	Зерноуборочный комбайн фирмы ОАО «Лидагропроммаш»
8	Зерноуборочный комбайн фирмы John Deere
9	Картофелеуборочный комбайн фирмы Grimme
10	Картофелеуборочный комбайн фирмы Dewulf
11	Свеклоуборочный комбайн фирмы Grimme
12	Трактор фирмы Massey Ferguson
13	Трактор фирмы Challenger
14	Трактор ОАО «МТЗ»
15	Трактор фирмы CLAAS
16	Трактор фирмы «Кировец»

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум / А. С. Акопов. – М. : Юрайт, 2017. – 390 с.
2. Варфоломеева, А. О. Информационные системы предприятий : учебное пособие / А. О. Варфоломеева, А. В. Коряковский, В. П. Романов. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 282 с.
3. Гасанов, Э. Э. Интеллектуальные системы. Теория хранения и поиска информации : учебник / Э. Э. Гасанов, В. Б. Кудрявцев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2017. – 289 с.
4. Иванов, А. А. Управление в технических системах : учебное пособие / А. А. Иванов, С. Л. Торохов. – М. : ФОРУМ, 2017. – 272 с.
5. Корилов, А. М. Теория систем и системный анализ : учебное пособие / А. М. Корилов, С. Н. Павлов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 287 с.
6. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Эргономика и дизайн : учебное пособие / В. В. Гуськов [и др.] ; под общ. ред. В. П. Бойкова. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015. – 350 с.
7. Рыков, В. В. Надежность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / В. В. Рыков, В. Ю. Иткин. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 191 с.
8. Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум / Л. А. Станкевич. – М. : Юрайт, 2017. – 397 с.
9. Шишмарев, В. Ю. Надежность технических систем : учебник / В. Ю. Шишмарев. – М. : Юрайт, 2017. – 306 с.
10. Эргономика производственных систем : пособие / сост.: Н. Г. Серебрякова, Т. В. Молош, Е. И. Подашевская. – Минск : БГАТУ, 2021. – 168 с.
11. Яковлев, С. В. Теория систем и системный анализ : учебное пособие / С. В. Яковлев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2015. – 320 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Форма отчета по лабораторным и практическим работам по дисциплине «Эргономика и дизайн»

#### *1. Титульный лист*

Лабораторная (Практическая) работа № \_\_  
*Название лабораторной (практической) работы*

Выполнил(а) студент(ка) группы \_\_\_\_\_  
Проверил(а) \_\_\_\_\_

Минск 20\_\_

## **2. Основная часть**

**Цель лабораторной работы:** \_\_\_\_\_

### **Выполнение работы:**

1. Кратко законспектировать теоретическую часть.
2. Представить результаты исследований, эскизы, графики, таблицы, чертежи (см. порядок выполнения работы).

**Выводы.** В соответствии с поставленной целью провести анализ выявленных в работе закономерностей, оценить полученные результаты, сравнить их с табличными значениями и т. д. Если требуется – провести анализ причин, по которым цель лабораторной работы достигнута не в полном объеме.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Типовые способы приведения в действие основных органов управления

Наименование органа управления	Управляющее воздействие оператора	Направляющее перемещение
Педаль подачи топлива	Приведение в действие стопой или носком правой ноги	Перемещение нажатием вперед и (или) вниз для увеличения числа оборотов двигателя
Рулевое колесо	Приведение в действие двумя руками	Вращение рулевого колеса по часовой стрелке для поворота машины вправо, против часовой стрелки – влево
Рычаги поворота (правый и левый) для машин с гусеничным двигателем	Приведение в действие правой и (или) левой руками	Перемещение правого рычага назад для поворота машины вправо, левого рычага назад – влево
Педали тормозов для тракторов и машин с колесным двигателем	Приведение в действие правой ногой	Перемещение нажатием вперед и (или) вниз при торможении
Рычаг стояночного тормоза	Приведение в действие правой или левой рукой	Перемещение тянущим движением при торможении
Педаль муфты сцепления	Приведение в действие левой ногой	Перемещение нажатием вперед вниз для отключения муфты
Рычаг реверса	Приведение в действие правой или левой рукой	Перемещение вперед для переднего хода
Рычаг изменения скорости	Приведение в действие	Перемещение вверх и (или) вперед для увеличения скорости

Наименование органа управления	Управляющее воздействие оператора	Направляющее перемещение
движения при бесступенчатой коробке передач	предпочтительно правой рукой	переднего хода. Перемещение назад и (или) вниз для увеличения скорости заднего хода
Рычаг переключения передач	Приведение в действие правой или левой рукой	Направление перемещения относительно нейтрального положения обозначать мнемосхемой
Рычаги управления гидросистемой навесного оборудования	Приведение в действие предпочтительно правой рукой	Перемещение вверх и (или) назад для подъема, вниз и (или) вперед для опускания навесного оборудования

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Рекомендуемые и максимальные допустимые значения сил сопротивления перемещению органов управления, Н

Управляемый орган	Ножное управление		Ручное управление	
	рекомендуемое значение	максимальное значение	рекомендуемое значение	максимальное значение
Муфта главного сцепления	120	250	–	–
Коробка переключения передач:				
– без разрыва потока мощности	–	–	60	–
– с разрывом потока мощности	–	–	160	–
Механизм поворота:				
– без усилителя	–	–	50	100
– с усилителем:				
на рулевом колесе	–	–	50	60
на рулевом колесе с гидроприводом при аварийной ситуации	–	–	–	600
на рычагах	–	–	40	60
Рабочий тормоз	200	250	160	200
Стояночный тормоз	–	–	200	350
Регулятор частоты вращения двигателя	50	90	30	80
Деселератор	60	120	90	120
Распределитель гидросистемы:				
– механический привод (рычаги)	–	–	60	100
– электрогидравлический привод:				
рукоятка	–	–	15	30
кнопка	–	–	1	5
гидравлический привод	60	75	20	60
механогидравлический привод	–	–	60	100
Вал отбора мощности	–	–	160	200
Остальные органы	–	250	–	150

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Выбор серии органа управления (поступательное движение)

Номер графы	Достижимость требований			Характеристика перемещения оси и направление вращения	Номер серии органов управления	
	Точность позиционирования	Скорость позиционирования	Перестановочное усилие		Дискретное перемещение	Непрерывное перемещение
L1				X+/-	6	14
L2				X+	4	12
L3				X+	1	10
L4				X+	7	–
L5				X+	2	11
L6				X+	5	13
L7				X+ и Z+	8	15
L8				X+	9	16
L9				X-	1	10
L10				X-	4	12
L11				X-	5	13
L12				X-	2	11
L13				X-	3	–
L14				X-	8	15
L15				X-	9	16
L16				Y+/-	4	12
L17				Y+/-	1	10
L18				Y+/-	7	–
L19				Y+	2	11
L20				Y+	6	14
L21				Y+	8	15














































Номер графы	Достижимость требований			Характеристика перемещения оси и направление вращения	Номер серии органов управления	
	Точность позиционирования	Скорость позиционирования	Перестановочное усилие		Дискретное перемещение	Непрерывное перемещение
L22				Y+	9	16
L23				Y-	7	-
L24				Y- и Z-	2	11
L25				Y-	5	13
L26				Y-	3	-
L27				Y-	6	14
L28				Y-	9	16
L29				Z+-	1	10
L30				Z+	4	12
L31				Z+	5	13
L32				Z+	6	14
L33				Z+	3	-
L34				Z+	9	16
L35				Z-	7	-
L36				Z-	4	12
L37				Z-	5	13
L38				Z-	8	15
L39				Z-	6	14
L40				Z-	3	-
L41				Z-	9	16

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Выбор серии органов управления (вращательное движение)

Номер графы	Достижимость требований			Характеристика перемещений оси и направление вращения	Номер серии управляющих устройств для перемещения		Пригодность для угла вращения > 180°
	Точность позиционирования	Скорость позиционирования	Перестановочное усилие		дискретного	непрерывного	
R1				X+/- Z+/-	21	30	
R2				X+/- Z+/-	20	29	
R3				Y+/-	18	27	
R4				X+/- Y+ Z+/-	23	33	
R5				X+/- Z+/-	25	36	
R6				X+/-	24	35	
R7				X+/-	19		
R8				X+ Y-	20	28	Да
R9				X+ Y+/-	17	26	
R10				X+ Y+	22	32	
R11				X+	22	31	Да
R12				X+ Y-	24	34	Да
R13				X- Y+	20	28	Да
R14				X-	17	26	
R15				X- Y+ Z+/-	22	31	Да
R16				X-	22	32	
R17				X- Y+ Z-	24	34	Да
R18				Y+/-	21	30	



Номер графы	Достижимость требований			Характеристика перемещений оси и направление вращения	Номер серии управляющих устройств для перемещения		Пригодность для угла вращения > 180°
	Точность позиционирования	Скорость позиционирования	Перестановочное усилие		дискретного	непрерывного	
R19				Y+/-	20	29	
R20				Y+/-	18	27	
R21				Y+	24	35	
R22				Y+ Z-	25	36	
R23				Y-	24	35	
R24				Y-	25	36	
R25				Y-	22	31	Да
R26				Z+/-	17	26	
R27				Z+/-	18	27	
R28				Z+/-	22	32	
R29				Z+/-	19		
R30				Z+	20	28	Да
R31				Z+	24	34, 35	Да
R32				Z-	20	28	Да
R33				Z-	24	35	

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Антропометрические характеристики взрослого населения

Антропометрическая характеристика	Размеры, см				Область применения
	Мужчина		Женщина		
	<i>M</i>	$\sigma$	<i>M</i>	$\sigma$	
<b>Рабочая зона стоя</b>					
Длина тела (рост) (1)	167,8	5,8	156,7	5,7	Определение высоты оборудования, высоты салона
Длина тела с вытянутой вверх рукой (2)	213,8	8,4	198,1	7,6	Зоны досягаемости по вертикали
Внешняя ширина плеч (3)	44,6	2,2	198,1	7,6	Размеры кабины по ширине
Длина руки, вытянутой вперед (4)	64,2	3,3	59,3	3,1	Зоны досягаемости по глубине
Длина руки, вытянутой в сторону (кулак сжат) (5)	62,3	3,3	56,8	3,0	
Длина плеча (6)	32,7	1,7	30,2	1,6	Высота расположения рабочей зоны органов управления
Высота коленного сустава (7)	90,1	4,3	83,5	4,1	
Высота глаз от пола (8)	155,9	5,8	145,8	5,5	Высота рабочей поверхности, зоны обзора
Высота плечевой точки (9)	137,3	5,5	128,1	5,2	Высота рабочей поверхности органов управления
Высота ладонной точки (10)	51,8	3,5	48,3	3,6	Зоны захвата
<b>Рабочая зона сидя</b>					
Длина тела (11)	130,9	4,3	124,1	4,5	Высота кабины
Высота глаз от пола (12)	118,0	4,3	109,5	4,2	Высота рабочей поверхности средств индикации
Высота плеча от пола (13)	100,8	4,2	92,9	4,1	Высота рабочей поверхности зоны управления рычагами

Антропометрическая характеристика	Размеры, см				Область применения
	Мужчина		Женщина		
	<i>M</i>	$\sigma$	<i>M</i>	$\sigma$	
Высота локтя (14)	65,4	3,3	60,5	3,5	Высота рабочей поверхности зоны управления рычагами
Высота колен (15)	50,6	2,4	46,7	2,4	Высота сидения
Длина тела от сидения (16)	88,7	3,1	84,1	3,0	Высота кабины
Высота глаз от сидения (17)	76,9	3,0	72,5	2,8	Обзорность дороги и приборов
Высота плеч от сидения (19)	23,2	2,5	33,4	1,8	Размещение рабочей поверхности органов управления
Длина предплечья (кулак сжат) (20)	36,4	2,0	33,4	1,8	Зоны досягаемости по глубине
Длина вытянутой ноги (21)	104,2	4,8	98,3	4,7	Размещение пола кабины и педалей
Длина бедра (22)	59,0	2,7	56,8	2,8	Размеры сидения

Учебное издание

**ЭРГОНОМИКА И ДИЗАЙН.  
ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Составители:

**Еднач** Валерий Николаевич,  
**Авраменко** Павел Викторович,  
**Серебрякова** Наталья Григорьевна и др.

Ответственный за выпуск *Н. Г. Серебрякова*  
Редактор *Д. А. Значёнок*  
Корректор *Д. А. Значёнок*  
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*  
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 26.06.2023. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 6,36. Тираж 99 экз. Заказ 9.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.