МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР
Главное санитарно-эпидемиологическое управление

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## по проведению гигиенической оценки новых сельскохозяйственных машин и орудий

МОСКВА — 1973 г.

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель главного
санитарного врача СССР
А. В. Павлов
«18» августа 1972 г.

№ 986 — 72

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ НОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И ОРУДИЙ

## 1. Введение

Основой предупредительного санитарно-гигиенического надзора за выпуском новой сельскохозяйственной техники являются «Санитарные правила по устройству тракторов, самоходных шасси, сельскохозяйственных машин, навесных и прицепных орудий», утвержденные заместителем Министра здравоохранения СССР (№ 480—64), единые требования к конструкции тракторов, сельскохозяйственных машин, машин для строительства мелиоративных и ирригационных систем по безопасности и гигиене труда, утвержденные Всесоюзным объединением «Союзсельхозтехника» Совета Министров СССР, Министерством сельского хозяйства СССР, Министерством тракторного сельскохозяйственного машиностроения СССР, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, согласованные с Министерством здравоохранения СССР и ГОСТ 16527—70 «Машины сельскохозяйственные самоходные. Рабочее место оператора».

В соответствии с действующим в СССР санитарным законодательством новые сельскохозяйственные машины, орудия и различные приспособления разрешается внедрять в сельскохозяйственное производство лишь только при положительном заключении органов

санитарного надзора. В этих целях каждая новая машина, орудие или приспособление, предлагаемые для внедрения в производство, обязательно должны подвергаться гигиенической экспертизе.

Результаты этих исследований служат основой для заключения органов санитарного надзора о допуске той или иной машины в серийное производство и возможности ее эксплуатации в колхозах и совхозах. Учитывая весьма важное народнохозяйственное значение работ по гигиенической оценке новых сельскохозяйственных машин, орудий и приспособлений, количество которых с каждым годом увеличивается, подтверждается необходимость пользования единой схемой обследования, едиными методами исследований, единым подходом к оценке результатов исследований.

## 2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОНСТРУКЦИИ МАШИН И УСЛОВИЙ ТРУДА НА НИХ

Санитарно-эпидемиологические станции, в сфере деятельности которых находятся проектные институты, экспериментальные базы, опытные и машино-испытательные станции, а также заводы тракторного и сельскохозяйственного машиностроения и другие организации, проектирующие, изготовляющие и испытывающие новые сельскохозяйственные машины, орудия, приспособления должны осуществлять предупредительный санитарный надзор за выпуском новой сельскохозяйственной техники. Научно-исследовательские санитарно-гигиенические институты также должны давать гигиеническую оценку конструкции новых машин и условий труда на них.

Гигиеническая оценка конструкции машин проводится:

— на стадии проектирования;

— при государственных испытаниях на зональных машиноиспытательных станциях «Союзсельхозтехники»;

— при заводских испытаниях.

На каждой стадии гигиенической оценки машин необходимо дать обоснованное заключение о возможности осуществления последующего этапа производства новой машины, а именно после рассмотрения проекта дается заключение о возможности изготовления опытных образцов машин; после заводских испытаний — о возможности представления машины на государственные испытания; после государственных испытаний — о допуске машины к серийному производству.

## 2.1. Гигиеническая оценка проектов сельскохозяйственных машин

Санитарно-гигиеническая оценка конструкции машин, на стадии проектного задания и технического проектирования, является важным, ответственным этапом преднадзора, от него в значительной степени зависит создание машин, отвечающих современным санитарно-гигиеническим требованиям.

При рассмотрении проектных материалов определяется соответствие проектируемой машины санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к данной группе машин.

Обращается внимание на наличие и устройство кабин на тракторах, самоходных шасси и других машинах, а именно: размеры кабины; наличие вентиляции; отопления; возможность открывания окон; наличие стеклоочистителей; наличие термоса; сигнализации; наличие ящика для личных вещей, для инструментов; наличие крючков для одежды; обзорность участка работы и т. п., а также на устройство и размещение рабочих мест: наличие и устройство сидений; наличие амортизаторов; размеры и возможность регулировки

сидений по росту и весу водителя; наличие горловин топливных баков, радиаторов, бункеров, выходных отверстий продуктов переработки; на наличие уровнемеров или других приспособлений для визуального контроля за уровнем семян, минеральных удобрений, ядохимикатов топлива, масла и т. д.; на наличие манометров на сосудах, работающих под давлением; устройство и размещение выхлопной трубы; размещение двигателя по отношению к рабочему месту; на уплотнение и наличие аспирационных устройств на машинах, технологический процесс которых сопровождается пылеобразованием; на обеспечение комплексной механизации технологических процессов и другие гигиенические и технические решения, предусматриваемые проектной документацией.

При несоответствии принятых проектных решений санитарно-гигиеническим требованиям, проект должен быть отклонен с указанием в акте экспертизы имеющихся недостатков и рекомендаций по их устранению.

При поступлении новой машины, орудия или приспособления на государственные испытания на МИС должна быть проведена первичная гигиеническая оценка. Она заключается в осмотре машины.

Первичная гигиеническая оценка производится санитарным врачом совместно с инженером в присутствии представителя организации, изготовившей машину.

В тех случаях, когда машина или орудие не полностью укомплектованы, они не должны допускаться к испытаниям.

В заключение предварительной экспертизы составляется акт о возможности или невозможности допуска машины к государственным испытаниям. Основанием для отрицательного заключения служат вышеперечисленные и другие нарушения обязательных санитарно-гигиенических требований к данной группе машин.

## 2.2. Организация и проведение гигиенических исследований при государственных и производственных испытаниях машин

К основным неблагоприятным условиям труда механизаторов сельского хозяйства, связанным с конструктивными особенностями машин, относятся:

— нерациональное устройство и размещение рабочих мест, являющееся причиной статических напряжений при нерациональной рабочей позе, неудовлетворительный обзор участка работы и рабочих органов машин, неудобство при управлении;

— значительное физическое напряжение при управлении машиной, техническом уходе;

— неблагоприятные микроклиматические условия на рабочих местах;

— вибрация и шум;

— загрязнение воздуха рабочей зоны почвенной и растительной пылью;

— загрязнение воздуха продуктами сгорания топлива;

— загрязнение воздуха пылью и парами ядохимикатов и минеральных удобрений.

Задача санитарного врача заключается в том, чтобы выявить эти и другие неблагоприятные факторы, установить их источники и параметры, сравнить с нормативными величинами и дать обоснованное заключение о возможности или невозможности серийного производства машины.

Машины, подвергающиеся гигиенической оценке, во время исследований должны быть полностью укомплектованы и находиться в исправном состоянии.

Для более полной и объективной оценки машины и условий труда на ней гигиенические исследования должны проводиться при наиболее характерных условиях эксплуатации. Например, исследования

микроклиматических условий в кабинах трактористов летом целесообразно проводить в самый жаркий месяц (июль — август) в 13—15 часов, а зимой — при значительном ветре и температуре воздуха минус 20° С. Отбор проб воздуха на запыленность целесообразно проводить в сухую жаркую погоду при значительном пылеобразовании.

Приборы и аппаратура, используемые для гигиенических исследований, должны быть в исправном состоянии, проверены органами Государственного Комитета стандартов Совета Министров СССР и иметь действующее свидетельство о государственной проверке.

## 3. ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. Рабочее место

Рациональное устройство рабочего места механизаторов должно обеспечивать возможность безопасного управления агрегатом в удобной рабочей позе, исключающей длительное статическое напряжение отдельных мышечных групп, а также чрезмерное утомление и лишние движения в рабочем процессе.

Рабочая поза определяется суммой факторов, из которых главными являются: устройство, размещение и размеры сиденья; устройство и размещение рычагов и педалей управления; усилия, требующиеся для переключения органов управления; возможность обзора пути движения и рабочих органов машины и т. п.

Основные параметры и размеры рабочего места операторов на самоходные сельскохозяйственные машины регламентированы ГОСТом 16527—70 «Машины сельскохозяйственные самоходные. Рабочее место оператора. Основные параметры и размеры. Технические требования».

Физиолого-гигиеническая оценка рабочего места механизаторов проводится путем измерения размеров кабины, отдельных элементов рабочего места — сидения, расстояния до отдельных органов управления, измерения усилий на рычагах и педалях, определения материала и формы элементов рабочего места. Обязательным при этом является личное наблюдение, а в отдельных случаях и хронометрирование рабочих операций на основных видах работ (частота вынужденного изменения рабочей позы, необходимой для контроля и управления машиной и т. п.). При этом необходимо учитывать также возможность смены рабочей позы по желанию работающего, не исключая возможности работать стоя.

Измерение параметров рабочего места проводится с помощью рулетки и угломера. Полученные результаты оцениваются путем сравнения их с действующими нормативами.

При оценке устройства сидений учитывается возможность быстрой и легкой регулировки их без применения инструмента. Покрытие сидений должно быть легко моющимся и воздухопроницаемым (не менее 0,35 *см*$^3$/*см*$^2$/*сек*. Методы испытаний по ГОСТ 8973—59).

Оценка конструкции и размещения органов управления агрегатом производится путем сравнения фактических величин с нормативными величинами (ГОСТ 16527—70). При оценке необходимо учитывать и личные впечатления, для чего проверяющий сам должен сесть на рабочее место водителя или оператора, опробовать рукоятки и педали, удобство сиденья, возможность легкой регулировки сиденья, удобство размещения на нем и т. п. При оценке конструкций органов управления необходимо обратить внимание на обеспечение ими надежного и точного управления машиной. Форма рычагов должна иметь большую площадь контакта с ладонной поверхностью и равномерное

распределение на ней силовой нагрузки. При этом рычаги и штурвалы постоянного пользования должны располагаться перед работающим в плоскости симметрии тела под правую руку. Рабочее действие рычагов должно быть на себя. Рукоятки рычагов размещаются в зоне досягаемости рук операторов, чтобы обеспечить свободное пользование ими в удобной рабочей позе рукой, согнутой под углом 100°. Конструкция педалей должна исключать возможность соскальзывания ноги при включении. Расположение педалей должно обеспечивать возможность пользования спинкой сиденья как опорой при включении их. Усилия, затрачиваемые на включение рычагов и педалей не должны вызывать при этом значительного перемещения тела работающего.

Измерение усилий, необходимых для приведения в действие органов управления, проводится динамометрическими или тензометрическими приборами с допустимой погрешностью не более 3%. Динамометрические приборы тарируются 1 раз в год, тензометрические — перед и после каждого измерения.

Усилия на рычагах поворота и педалях тормозов гусеничных машин измеряются при повороте машины на месте. На колесных тракторах усилие на руле измеряется во время движения по вспаханному грунту при максимальной нагрузке на управляемые колеса с навешенными спереди орудиями. На самоходных шасси, зерновых комбайнах и машинах специального назначения усилия на руле измеряют при выполнении характерной работы. Измерений усилий на педалях тормозов колесных тракторов и самоходных шасси проводят на сухой ровной дороге с твердым покрытием при скорости движения не менее 20 *км/час*. Учитываются только те усилия, которые обеспечили допустимую величину тормозного пути. На остальных рычагах и педалях управления возможно измерение

усилий на стоянке при работающем двигателе. На педале муфты сцепления учитываются минимально необходимые усилия, обеспечивающие включение скорости.

За величину усилия принимается среднее значение трех последовательных замеров. Оценку проводят путем сравнения полученных результатов с действующими нормами, согласно которым усилия на штурвалах рулевого управления, рычагах и педалях управления режимом работы двигателя не должны превышать 3 *кг*. Усилия при ручном управлении рычагами переключения передач, муфты сцепления, рычагами управления поворота гусеничных машин, рычагами гидрораспределителя — не должны превышать 6 *кг*. Максимальное усилие на педалях сцепления и тормозов не должно быть выше 12 *кг*. Для рычагов и педалей, включаемых не более пяти раз в смену, допускается усилие до 20 *кг* (ГОСТ 16527—70).

Конструкция машины и расположение рабочего места должны обеспечивать возможность контроля (обзора) за основными рабочими органами и за движением агрегата. Определение обзорных качеств проводится визуально экспертом с рабочего места водителя. Недопустимо, если для постоянного контроля за рабочими органами или точностью движения агрегата, механизатор вынужден наклоняться вперед или в сторону. Контроль за узлами, не требующими постоянного наблюдения, может осуществляться через посредство зеркал или автоматических контрольных систем.

Гигиеническая оценка размещения и устройства рабочих мест должна проводиться в зависимости и в связи с обязанностями и характером трудовых операций механизаторов. Наряду с оценкой устройства рабочего места, его размещения и условий посадки, необходимо обратить внимание на то, какие узлы и детали находятся в непосредственной близости от рабочего места, на источники пылеобразования, тепловых

излучений, шума, вибраций, а также удобство и легкость запуска двигателя, трудоемкость и удобство выполнения ежедневного техухода, на наличие на рабочем месте инструментального ящика, коврика для использования при работе под машиной, аптечки, термоса и ящика для хранения личных вещей. Оценивается также наличие и устройство контрольно-измерительных приборов, их расположение, условия видимости, величина, цвет, освещение и четкость различения.

При оценке устройства рабочего места исследователь должен сесть и встать на рабочее место и учитывать личные впечатления от управления работой машины (или имитации управления), а также мнение испытателей и механизаторов об удобстве работы и обслуживании ее.

### 3.2. Микроклиматические условия

Для характеристики микроклиматических условий в кабинах тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин необходимо провести измерения температуры и влажности воздуха, подвижности его, температуры окружающих поверхностей, интенсивности тепловой радиации.

Исследования метеорологических условий в кабинах сельскохозяйственных машин должны производиться во время работы в разное время суток.

Замеры отдельных элементов производственного микроклимата производятся прежде всего на уровне зоны дыхания рабочего (1,0—1,2 *м*). В связи с неравномерностью микроклимата в кабинах машин следует также проводить замеры у пола на высоте 0,25—0,3 *м*, а также у потолка. Во всех этих точках замеряются температура, влажность и подвижность воздуха. Температура окружающих рабочее место поверхностей замеряется в нескольких точках. В течение рабочего

дня измерения должны производиться до начала работы, перед перерывом на обед (13 часов) и к концу работы. Кроме того, следует учитывать, какой производительный процесс выполняется в тот или иной момент и проводить замеры не менее чем через один час после замены одной работы другой.

Для полной характеристики метеорологических условий на машинах, используемых в течение всего года (тракторы, самоходные шасси), необходимо исследования проводить не менее 3 дней подряд в различные сезоны — летом, осенью, зимой, весной.

Необходимо также замерять температуру, влажность и скорость движения воздуха, подаваемого с помощью вентиляционных установок.

Для оценки эффективности кондиционеров, отопительных и вентиляционных устройств необходимо все замеры микроклимата проводить при их работе, а также без них. В последнем случае замеры начинают через 45—60 *мин* после выключения кондиционеров или вентиляторов, но при полной нагрузке агрегатов. В тех случаях, когда кабина не оборудована кондиционером, исследования проводят при открытых и закрытых окнах и дверцах кабины.

Полученные данные измерений микроклиматических условий на рабочих местах должны сопоставляться с температурой наружного воздуха, влажностью и подвижностью его в момент измерения, а также с температурой наружного воздуха в 13 часов дня самого жаркого месяца.

Оценка микроклиматических условий на рабочих местах проводится по наиболее неблагоприятным условиям, отмеченным в характерный для данной машины период эксплуатации. Полученные данные сопоставляются с действующими санитарными нормами.

Метеорологические условия в кабинах сельскохозяйственных машин бывают различны в зависимости

от сезона года. В холодные периоды года температура должна быть не ниже +14° при неподвижном воздухе. При подвижном воздухе температура ниже +18° вызывает усиленную теплоотдачу. Относительная влажность при таких температурах воздуха обычно составляет 60—70%. Более высокая относительная влажность усугубляет ощущение холода и увеличивает теплоотдачу.

В теплый период оптимальной — комфортной является температура воздуха 21—23°, относительная влажность 40—60% при подвижности воздуха 0,1—0,3 *м/сек*. Температура воздуха в кабинах выше 24° вызывает ощущение дискомфорта при неподвижном воздухе. Если подвижность воздуха 1,0—1,5 *м/с* — температура воздуха до 28° может еще считаться допустимой. Температура поверхностей ограждений и пола кабины должна быть не более чем на 2—3° выше температуры воздуха в кабине, но не должна превышать 35°.

Температура и влажность воздуха измеряются аспирационным психрометром Ассмана. Психрометр Августа для определения температуры и влажности воздуха в кабинах сельскохозяйственных машин не пригоден, так как в связи с наличием значительной подвижности воздуха его показания будут неточны. Психрометр Ассмана фиксируется в исследуемом месте, резервуар мокрого термометра, покрытый гигроскопической тканью, смачивается водой с помощью специальной пипетки. Затем следует завести пружину аспирационного вентилятора до отказа. Через 2—3 минуты снимаются показания сухого и влажного термометров. По специальным психрометрическим таблицам определяется относительная влажность в процентах.

Подвижность воздуха или скорость его движения определяется с помощью анемометра. При небольшой подвижности от 0,1 до 5,0 *м/сек* необходимо пользо-

ваться крыльчатым анемометром, а при подвижности от 1 до 20 *м/сек* — чашечным.

Перед замером подвижности воздуха выключают с помощью арретира передаточный механизм и записывают показания прибора по всем трем шкалам — тысячи, сотни, десятки. Устанавливают анемометр так, чтобы воздушный поток вертикально падал на воспринимающую часть прибора (крыльчатка, чашечки). Через 10—15 *сек* включают одновременно с помощью арретира прибор и секундомер на 30—60 *сек*; после чего прибор выключают и записывают показания его по всем шкалам и время по секундомеру. Разницу между конечным и начальным показаниями прибора делят на время по секундомеру и определяют число делений в секунду. Затем по графику (имеющемуся в каждом приборе) по числу делений в 1 секунду определяют скорость воздушного потока в *м/сек*. Подвижность воздуха рекомендуется измерять трижды и вычислять затем среднюю величину из 3-х замеров.

Интенсивность тепловой радиации в *кал/см*$^2$ *в мин* определяют с помощью инспекторского актинометра. Прибор располагают так, чтобы его воспринимающая часть (шахматка) была направлена перпендикулярно падающему лучистому потоку в области облучаемой поверхности тела. Стрелка прибора указывает величину тепловой радиации.

Температура внутренней поверхности кабины (пол, потолок, стенки кабины) замеряется термометром типа улитки (спиртовым, ртутным), либо термощупом любого электротермометра типа «ТЭМП» (Казанский медикоинструментальный завод, модель 055, Ленинградский завод «Красногвардеец») при условии, когда температура нагретых поверхностей не выше максимального показания прибора.

## 3.3. Вибрация и шум*

В процессе проведения производственных операций на водителей (операторов) разных типов тракторов, самоходных шасси и других сельскохозяйственных машин, в том числе стационарных, воздействуют производственная вибрация и шум. На рабочее место водителей передается низкочастотная толчкообразная вибрация, возникающая во время работы в процессе передвижения машин по неровной поверхности полей или по грунтовым дорогам и дорогам с булыжным покрытием во время транспортировки.

При соприкосновении ходовых колес или звеньев гусениц с отдельными выступающими неровностями почвы или дорог возникают толчки, передающиеся на рабочее место водителя. Такие толчки наслаиваются друг на друга, придавая беспорядочный или «случайный» характер таким колебаниям. Наиболее интенсивные толчкообразные колебания возникают при повышении скорости машин от 9 до 11 *км/час*, превышая нормативные величины в 5—10 раз.

Кроме того, на рабочее место водителей, в том числе и на органы управления, передается вибрация, возникающая при работе двигателей или рабочих органов движущихся машин. В ряде случаев на рабочие места около стационарных машин также передается вибрация от двигателей и подвижных рабочих органов машин — трансмиссий, транспортеров.

Двигатели всех сельскохозяйственных машин как подвижных, так и стационарных являются источником производственного шума, который достигает рабочих мест, значительно превышая допустимые величины, и также может оказывать неблагоприятное воздействие на работающих.

* Измерение вибрации и шума целесообразно проводить с участием инженерно-технических работников.

### 3.3.1. Измерение вибрации

Допустимые величины установлены для горизонтальной и вертикальной вибрации, непрерывно действующей в течение 8-ми часовой рабочей смены, возникающей в результате работы двигателей, рабочих органов машин и в процессе передвижения машин по грунту, дорогам или выполнения производственных операций без передвижения и передающейся на сиденье водителя, рабочую площадку и на рычаги управления.

Нормируемыми параметрами вибрации, замеряемой на рабочем месте водителя, являются действующие значения колебательной скорости ($v$) в *м/с* в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1; 2; 4; 8; 16; 31; 5; 63; 125; 250 *Гц* и их уровни ($L$) в дБ, определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg \frac{м/с}{5 \cdot 10^{-8}\ м/с} \text{ дБ}$$

где $5 \cdot 10^{-8}$ *м/с* — величина, условно принятая за стандартную и соответствующая величине среднеквадратичной колебательной скорости при стандартном пороге звукового давления для тона частотой 1000 *Гц*.

Допустимые величины вибрации*, передающейся на сиденье или рабочую площадку, указаны в табл. 1.

Допустимые величины вибрации, возникающей в результате работы двигателей и передвижения машины при выполнении производственных операций и передающейся на органы управления (рулевое колесо, рычаги, педали и т. п.), указаны в табл. 2.

Измерение вибрации на рабочих местах водителей машин должно производиться виброизмерительной

* В соответствии с «Санитарными нормами и правилами по ограничению вибрации и шума на рабочих местах самоходных технологических и транспортно-технологических машин» № 1102-73 от 18 V. 1973 г.

*Таблица 1*

| Среднегеометрические частоты октавных полос, *Гц* | Допустимая колебательная скорость | | | |
|---|---|---|---|---|
| | вертикальная вибрация | | горизонтальная вибрация* | |
| | действующие значения, *м/с* | уровень действующих значений, дБ | действующие значения, *м/с* | уровень действующих значений, дБ |
| 1 | $12{,}6 \cdot 10^{-2}$ | 128 | $5{,}0 \cdot 10^{-2}$ | 120 |
| 2 | $7{,}1 \cdot 10^{-2}$ | 123 | $3{,}5 \cdot 10^{-2}$ | 117 |
| 4 | $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ | 114 | $3{,}2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |
| 8 | $1{,}3 \cdot 10^{-2}$ | 108 | $3{,}2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |
| 16 | $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ | 107 | $3{,}2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |
| 31,5 | $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ | 107 | $3{,}2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |
| 63 | $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ | 107 | $3\,2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |
| 125 | $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ | 107 | $3{,}2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |
| 250 | $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ | 107 | $3{,}2 \cdot 10^{-2}$ | 116 |

Примечание: до 1.01. 1978 г возможно превышение нормативных величин до 6 дБ.

*Таблица 2*

| Единицы измерения | Среднегеометрические частоты октавных полос в гц | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 |
| дБ | 118 | 115 | 112 | 109 | 106 |
| *м/с* | $4{,}0 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}8 \cdot 10^{-2}$ | $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}4 \cdot 10^{-2}$ | $1{,}0 \cdot 10^{-2}$ |

аппаратурой, обеспечивающей непосредственное получение действующей колебательной скорости в октавных полосах частот со среднегеометрическим значением 1; 2; 4; 8; 16; 31; 5; 63; 125 и 250 *Гц*.

Суммарная погрешность измерения аппаратуры, определяемая в нормальных условиях, должна быть не более ±25%.

* Рекомендуемая допустимая колебательная скорость.

В качестве такого виброизмерительного прибора в настоящее время может быть использован прибор НВА-1 (низкочастотная виброизмерительная аппаратура).

Прибор НВА-1 дает возможность регистрировать значения виброскорости в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250 *Гц* в пределах от 70 до 130 дБ.

Кроме НВА-1 могут быть использованы любые другие виброизмерительные приборы, обеспечивающие замеры виброскорости в нормируемом диапазоне частот.

При замерах вибрации необходимо пользоваться положениями ГОСТов 16526—70 и 16529—70.

Для регистрации вибрации на мягком сиденьи виброизмерительный датчик крепят к стальной плите толщиной 4 *мм* и диаметром 300 *мм*, на которую садится водитель. Плита не должна иметь контакта с каким-нибудь металлическим элементом сиденья. Способ крепления указывается в технической документации на прибор.

Замеры вибрации рабочих мест производятся на сиденьи и на рабочей площадке самоходных и стационарных машин в вертикальном направлении, горизонтальном продольном и горизонтальном поперечном к оси машины. Вибрация на рулевом колесе замеряется в плоскости обода рулевого колеса и перпендикулярно к ней, а на рычагах управления — в местах контакта рук водителей и операторов в плоскости перемещения рычага и перпендикулярно к ней при усилии нажатия на них равном 80—100% от максимальной величины, указанной в паспорте машины.

Машина, подлежащая испытаниям на транспортном режиме, должна быть прогрета в течение 30 *мин* путем пробега на транспортном режиме. Операторы, испытывающие машины, должны иметь массу от 60 до 80 *кг*.

Сиденье машины должно быть отрегулировано по весу и росту оператора. Перед испытаниями следует провести пробный пробег машины, чтобы убедиться в правильности регулировки сиденья.

Давление в шинах перед испытанием должно отвечать техническим требованиям, а износ шин, равномерный по окружности, не должен превышать 30% высоты рисунка протектора.

Трассы для проведения испытаний состоят из начального, мерного и конечного участка. На начальном и конечном участках производятся разгон, торможение и развороты машины. Длина начального участка не менее 30 *м*. На мерном участке производят измерения колебаний на рабочих местах.

Для испытания машин (тракторы, самоходные шасси) на транспортном режиме должен использоваться участок чистой сухой малоизношенной цементно-бетонной дороги без поворотов с уклоном не более 2°. Длину мерного участка ($L_1$) в метрах определяют по формуле:

$$L_1 = 0{,}8 v_{max} \cdot t_1,$$

где $v_{max}$ — максимальная скорость машины по ее паспорту (в *м/с*); $t_1 \geqslant 100$ *сек* — время, в течение которого должны измеряться колебания (в секундах).

Испытания машин на рабочем режиме должны проводиться на участке поля с характерным для данной зоны микрорельефом, структурой и влажностью почвы и обработанным в соответствии с агротехническими требованиями. Длину мерного участка $L_2$ в метрах определяют по формуле:

$$L_2 = v_{max} \cdot t_2,$$

$t_2 \geqslant 50$ *сек* — продолжительность измерения колебаний на рабочем месте машин, $v_{max}$ — максимальная скорость машины на рабочем режиме в *м/с*.

Испытание на транспортном режиме проводят на

одной и той же трассе при скоростях движения: 10, 20, 30 и т. д. до 0,8 $v_{max}$ *км/час*, где $v_{max}$ — максимальная по паспорту скорость движения машины. Скорость движения машины должна выдерживаться с точностью 10%.

Машины на р а б о ч е м режиме испытывают при выполнении основных технологических процессов, характерных для данной климатической зоны. Замеры вибрационных параметров производятся на максимальной рабочей скорости для данной рабочей операции. Для выявления резонансных режимов измерения производят не менее, чем на 4-х рабочих скоростях, включая минимальную и максимальную для соответствующей рабочей операции.

Для проведения испытаний водитель должен разогнать машину на начальном участке таким образом, чтобы еще до начала мерного участка установилась необходимая скорость движения.

Повторный проезд на р а б о ч е м режиме по одной и той же колее мерного участка не допускается.

В связи с непрерывными колебаниями стрелки регистрируемого прибора НВА-1 при регистрации случайных нестационарных процессов, каким является вибрация на рабочем и транспортном режиме, рекомендуется снимать показания стрелочного прибора в течение 50 *сек* каждые 5 *сек* и усреднять их.

Допускается производить измерение уровня вибрации на среднегеометрических частотах 125 и 250 *Гц* на стоянке машины при работе ее двигателя и рабочих органов.

НВА-1 имеет выход для подключения через приставку осциллографов типа Н-102, Н-107, Н-700. В связи с этим есть возможность записи вибрации с последующим спектральным анализом.

При применении аппаратуры, записывающей мгновенное значение колебательной скорости для

получения действующих значений в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями 2, 4, 8, 16 *Гц* можно провести статистическую обработку записи (при наличии специалистов и соответствующей вычислительной техники). Рекомендуемый метод статистической обработки см. в Приложении 1.

### 3.3.2. Измерения шума

Нормируемыми параметрами шума являются уровни ($L$) в дБ среднеквадратичных звуковых давлений в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 *Гц*, определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg \frac{P\,Н/м^2}{2 \cdot 10^{-5} Н/м^2}, \text{ дБ}$$

где $2 \cdot 10^{-5} Н/м^2$ — пороговая величина среднеквадратичного звукового давления.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот или уровни звука в дБА на рабочих местах машин и внешнего шума тракторов и самоходных шасси на расстоянии 7,5 *м* от оси движения машин указаны в таблице 3 (по СН 1102—73).

*Таблица 3*

| Среднегеометрические частоты октавных полос в *Гц* | | | | | | | | | Уровень звука в дБА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Уровни звукового давления в дБ | | | | | | | | | |
| 110 | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 85 |

Шумоизмерительная аппаратура должна включать шумомер и частотный анализатор, позволяющий из-

мерять уровни звуковых давлений в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот от 31,5 до 8000 *Гц* и удовлетворять требованиям ГОСТ 17168—71 и 17187—71.

При замере шума аппаратурой с более узкими полосами пропускания (полуоктавные, третьоктавные анализаторы) уровни звукового давления в этих полосах должны пересчитываться в соответствующие октавные (см. Приложение 2).

В качестве шумоизмерительной аппаратуры рекомендован прибор ИШВ-1. В случае отсутствия ИШВ-1 могут быть использованы Ш-71, ОФ-5 или ранее выпускавшиеся приборы Ш-3М и АШ-2М и др. Прибор ИШВ-1 дает возможность регистрировать уровни звукового давления в пределах 30—130 дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями от 31,5 до 8000 *Гц*.

Измерение шума на рабочем месте должно проводиться в кабине при открытых и закрытых окнах, включенных вентиляторах и кондиционерах, отопительных приборах, работающих на номинальном режиме.

При замерах шума микрофон располагается в области головы водителя в точке, находящейся на 70 *см* над краем сиденья слева и на $^1/_3$ длины сиденья от переднего края его.

Измерение внешнего шума машины производится на расстоянии 7,5 *м* от оси движения машины без нагрузки. Скорость движения должна составлять 75% от максимальной скорости на наивысшей передаче, используемой для транспортных работ. При измерении внешнего шума микрофон располагается на высоте $1{,}2 \pm 0{,}1$ *м* над поверхностью почвы.

При частотном анализе шума с помощью шумомера Ш-3М и анализатора АШ-2М обычно не представляется возможным установить в кабине одновременно оба

прибора. Поэтому на месте замера шума остается один человек с шумомером, а анализатор, соединенный удлинительным кабелем, устанавливается вне кабины, например, на автомашине, снабженной источником переменного тока. Анализаторы шума АШ-2М работают от источников переменного тока напряжением 127—220 *в*, поэтому при анализе шума в полевых условиях приходится пользоваться передвижными электростанциями. Для того, чтобы шум от двигателя автомашины и передвижной электростанции не вносил помех в звуковое поле исследуемого агрегата, соединительный кабель от шумомера должен иметь длину не менее 25 *м*.

При замерах шума должно учитываться влияние шумовых помех. Если уровень звукового давления общего шума, включающий в себя шум машины и помех, превышает уровень звукового давления только помех в частотной полосе на 10 дБ и более, то помехи можно не учитывать. Если это превышение меньше 10 дБ, то для учета помех необходимо из уровня звукового давления общего шума вычесть поправку, с учетом следующей зависимости (таблица 4).

*Таблица 4*

| Разность между уровнем звукового давления общего шума и уровнем помех в дБ | 10 | 6—9 | 4—5 |
|---|---|---|---|
| Поправка к уровню звукового давления общего шума в дБ | 0 | —1 | —2 |

Если разность меньше 4 дБ или уровень помех сильно колеблется, то проведение измерений недопустимо.

Измерение параметров шума производят на стоянке при установившемся холостом режиме работы всех

рабочих органов машины и двигателя, в диапазоне рабочих оборотов, при котором общий уровень шума (уровень звука по шкале «А») в исследуемой точке достигает максимальной величины. Кроме того, измерение параметров шума рекомендуется проводить на транспортном и рабочем режимах при тех же условиях, при которых проводятся замеры вибрации.

До начала измерения шума необходимо проверить напряжение автономных источников питания прибора.

Измерение уровней звукового давления для получения спектра шума производят последовательно в каждой октавной полосе со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 4000; 8000 *Гц*.

Измерение производят в каждой октавной полосе не менее 3 раз и результаты усредняют арифметически. Разница в результатах измерений в каждой полосе частот не должна превышать 3 дБ, в противном случае необходимо провести повторные измерения.

Шумовые характеристики машин должны быть представлены в виде таблиц и графиков.

Отчет по определению вибрационных и шумовых характеристик должен содержать:

а) техническое состояние машины;

б) техническую характеристику аппаратуры;

в) данные о режимах работы машины при испытаниях;

г) данные по замерам вибрации и шума в виде таблиц, графиков;

д) анализ и оценку результатов испытаний об их соответствии санитарным нормам Министерства здравоохранения СССР.

### 3.4. Запыленность воздуха

Пыль при работе на сельскохозяйственных машинах является одним из наиболее выраженных неблагоприятных факторов. Содержание пыли в воздухе

рабочей зоны, ее состав и дисперсность, в основном зависят от вида и состояния почвы, вида работ, используемых машин, размещения и устройства рабочего места, скорости и направления движения машин, скорости и направления движения воздуха и т. п.

При выполнении сельскохозяйственных работ выделяется большое количество пыли, которая может содержать, в зависимости от вида почвы и характера работ, органические и неорганические примеси, ядохимикаты, удобрения и т. п.

При работе на почвообрабатывающих и посевных машинах (плугах, культиваторах, сеялках) в воздух поступает в основном почвенная пыль, поднятая рабочими органами.

На зерноуборочных, картофелеуборочных, свеклоуборочных и других машинах при работе которых происходит измельчение стеблей, к почвенной пыли примешивается пыль растительного происхождения.

Измерение запыленности при работе на сельскохозяйственных машинах проводится с целью выяснения источников пылеобразования, поступления и распределения пыли в воздухе рабочей зоны механизаторов.

Исследование пылевого фактора, на подавляющем большинстве машин и орудий можно ограничить лишь определением весового количества пыли в рабочей зоне (гравиметрия). В отдельных случаях, когда к основной пыли примешиваются какие-либо токсические и другие примеси, проводится химический и колориметрический анализ пыли.

Отбор проб воздуха для исследования его на запыленность при работе тракторов, сеялок, комбайнов и др. машин следует производить в сухую погоду, когда имеет место максимальное пылеобразование, так как при этом представляется возможным наиболее полно выявить источники пылеобразования, неплотности,

другие причины поступления высоких концентраций пыли в рабочую зону.

Отбор проб воздуха производится в первую очередь в зоне дыхания механизаторов, в кабине тракториста, на штурвальных площадках комбайнеров, у мест загрузки и выгрузки перерабатываемых материалов, на рабочем месте прицепщиков и других постоянных рабочих местах.

При определении источников пылеобразования, путей проникновения и распространения пыли в рабочей зоне отбор проб воздуха производится непосредственно в местах пылеобразования и распространения пыли. В кабинах трактористов и комбайнеров — у пола, где имеются щели, у выходного отверстия приточных вентиляторов, у крышек семенных ящиков и бункеров — на растениепитателях и др. местах.

При исследовании запыленности воздушной среды и причин пылеобразования при работе комбайнов, молотилок, зерноочистительных машин и т. п. особое внимание следует обратить на наличие и эффективность местных отсосов от участков пылеобразования, на герметичность мест пылеобразования и размещение рабочих мест по отношению к ним.

Сельскохозяйственная пыль, не содержащая токсических примесей, нормируется по содержанию в ней свободной двуокиси кремния. Поэтому для правильной оценки пылевого фактора при полевых работах необходимо предварительно провести одноразовое определение содержания свободной $SiO_2$ в почвенной пыли зоны деятельности МИС.

При большой запыленности воздуха достаточно протягивать через фильтр 10—12 литров воздуха. При меньшей запыленности необходимо увеличить объем просасываемого воздуха до 20—60 литров и более. Достаточным количеством протянутого воздуха можно считать заметное на глаз загрязнение фильтра пылью.

Воздух для исследования отбирается в зоне дыхания механизаторов. Отбор проб необходимо производить на протяжении всего рабочего дня. При каждом виде работ отбирается не менее 10 проб. Результаты исследований обрабатываются методом вариационной статистики с определением средней арифметической (*M*) и ошибки (*m*).

В протоколах исследований для каждой пробы необходимо отмечать направление движения агрегата по отношению к направлению движения воздуха.

В протоколах отмечаются: номер фильтра, вес его до и после взятия пробы, объем протянутого воздуха, а также источники и причины пылеобразования, время и место взятия пробы, состояние погоды.

### 3.5. Особенности оценки машин и аппаратов, применяемых для химической защиты растений

При работе машин и аппаратов для применения пестицидов (ядохимикатов) возможно поступление их паров и жидкого аэрозоля в воздух рабочей зоны, загрязнение объектов внешней среды (почвы, атмосферного воздуха), попадание на одежду и открытые участки тела работающих.

Некоторые машины (тракторные опрыскиватели и опыливатели, протравочные машины, аппараты для приготовления рабочих жидкостей, тачечные аппараты с механическими приводами) генерируют шум и вибрацию, которые могут значительно превышать допустимые уровни.

Машины и аппараты для работы с пестицидами, учитывая специфику их использования, должны отвечать следующим требованиям:

а) все процессы приготовления растворов, заправки аппаратуры и применения пестицидов должны быть механизированы;

б) резервуар и все коммуникации машин (шланги, краны, переходы и пр.) должны быть герметичными;

в) загрузка пестицидов в резервуары машин и аппаратов не должна приводить к загрязнению воздуха зоны дыхания, кожи, спецодежды и поверхностей машин и аппаратов;

г) подход к узлам и частям машин должен быть удобным и безопасным при проведении очистки от остатков пестицидов и во время ремонта;

д) опрыскиватели и опыливатели должны агрегатироваться с тракторами, имеющими закрытую кабину.

С учетом указанных основных требований эксперт проверяет в **аппаратуре для приготовления рабочих растворов** наличие механических мешалок; патрубков для заправки опрыскивателей; герметичных крышек и коммуникаций; уровнемеров; фильтров, обеспечивающих приготовление монодисперсного раствора (эмульсии, суспензии) с величиной частиц, не превышающих размеров выходных отверстий форсунок опрыскивателей; манометров и предохранительных клапанов на резервуарах при работе под давлением.

**На машинах для приготовления семян** проверяют: наличие герметичного бункера (барабана) и коммуникаций; удобство расположения выгрузных отверстий для зерна; герметичность мест стыковки отверстий для выгрузки семян в мешки; безопасность и удобство расположения резервуаров с растворами пестицидов на машинах, предназначенных для влажного (мокрого) протравливания семян; наличие манометров.

**В тракторной аппаратуре** (опрыскиватели, опыливатели) проверяется наличие герметичных резервуаров, коммуникаций, кранов, крышек люков, правильность расположения резервуаров (сзади кабины трактора) и рабочих органов опрыскивателей (должны быть направлены в сторону от рабочего места тракториста и обеспечивать ПДК паров или жидкого аэро-

золя пестицидов в зоне дыхания тракториста), наличие уровнемера, удобно расположенного для наблюдения за ним во время работы опрыскивателя, наличие манометра и предохранительного клапана на резервуаре при работе под давлением, наличие пульта для дистанционного управления работой опрыскивателя из кабины трактора (регулировка угла наклона рабочего органа, сопла опрыскивателя, контроль за давлением в резервуаре и расходом рабочей жидкости и пр.).

**В ручной ранцевой аппаратуре** проверяется рациональность формы и удобство размещения по отношению к телу работающего, определяется общий вес (заправленный аппарат не должен весить более 20 *кг*) и физические усилия на рычаге ручного привода ранцевого аппарата (не должны превышать 3 *кг*).

**В ручной тачечной аппаратуре** проверяется легкость и удобство перемещения (вручную или при помощи специального двигателя), наличие на резервуаре манометра, предохранительного клапана и уровнемера, шланга с наконечником пистолетного типа, наличие устройства для механического опрыскивания — вентилятора и форсунки (оно должно располагаться таким образом по отношению к рабочему месту, чтобы исключать попадание раствора пестицида на работающего), наличие, рациональное и удобное расположение рычагов управления тачечной аппаратурой.

Во время выполнения работ на машинах и аппаратах, предназначенных для применения пестицидов, проводятся следующие гигиенические исследования:

а) определение количества пестицидов в воздухе рабочей зоны и сопоставление полученных результатов с предельно допустимыми концентрациями;

б) установление дальности распространения пестицидов в воздухе от места их применения (отбор проб воздуха на расстоянии 50, 100, 200, 300 и 500 *м*);

в) определение пестицидов на различных участках незащищенной кожи (лицо, руки) и на спецодежде путем химического анализа смывов с кожи и нашивок со спецодежды.

г) замеры уровней шума и вибрации (на машинах, имеющих вентиляторные и другие механические устройства для распыления пестицидов).

### 3.6. Определение химических веществ в воздухе

Одним из наиболее вредных веществ, выделяющихся в воздух при работе сельскохозяйственных машин, является окись углерода — продукт неполного сгорания горючего.

Окись углерода в больших или меньших количествах содержится в отработанных газах двигателей внутреннего сгорания. В отработанных газах карбюраторных двигателей, работающих на керосине и бензине, окиси углерода содержится до 1500—2000 *мг/м*$^3$, в дизельных двигателях — до 40—80 *мг/м*$^3$. Окись углерода образуется также при подгорании смазочных масел, горючего и т. п. на поверхности нагретого двигателя и особенно на выхлопном коллекторе, нагревающемся до 110—300° С. Возможно выделение небольших количеств углеводородов, акролеина и некоторых других соединений.

Широко применяющийся на автотранспорте и на некоторых сельхозмашинах этилированный бензин является источником выделения токсического вещества — тетраэтилсвинца.

Следовательно, при гигиенической оценке новых сельскохозяйственных машин необходимо проведение анализа на содержание окиси углерода в воздухе, при использовании в качестве горючего этилированного бензина — тетраэтилсвинца.

При оценке машин, предназначенных для применения ядохимикатов, проводится анализ воздуха на содержание в нем тех или иных пестицидов.

Отбор проб воздуха для определения содержания окиси углерода, тетраэтилсвинца, пестицидов следует производить в зоне дыхания механизаторов на рабочем месте (трактористов, комбайнеров, прицепщиков и т. д.) каждые 2—3 часа работы в дни с характерными условиями, при включенных и выключенных вентиляторах, кондиционерах, отопительных приборах, закрытых и открытых окнах. При определении окиси углерода следует отбирать пробы воздуха в рабочей зоне при запуске пускового и основного двигателя, при средней и максимальной нагрузке двигателя, у мест прохода рычагов на полу и в передней стенке кабины, при открытых и закрытых окнах и дверцах кабины, у вентилятора, нагнетающего воздух в кабину и т. п., для выяснения мест проникновения вредных веществ в рабочую зону механизаторов. Для установления количества вредного вещества в отработанных газах следует отбирать пробы газа непосредственно из выхлопных труб во время работы двигателя.

В протоколе следует отмечать все условия, при которых отбиралась проба воздуха, включая метеорологические (температуру и влажность воздуха, направление и силу ветра и т. д.).

Оценка результатов анализа проводится по минимальной, максимальной и средней величинам, учитывая количество проб с превышением предельно допустимых концентраций. Причем, в зоне дыхания работающих должно быть отобрано в одной точке не менее 10 проб, в местах выделения вредных веществ — 4—5 проб.

## 3.7. Освещение

Исследования осветительных установок и систем освещения на сельскохозяйственных машинах проводятся с целью определения их соответствия характеру зрительных работ и требованиям санитарных норм. Работа проводится в два этапа. На первом этапе — при первичной санитарно-гигиенической экспертизе, выясняется возможность использования машины или орудия на работах в ночное время, а затем составляется светотехническая характеристика установленных осветительных приборов. Она заключается в выяснении наличия и состояния осветительных приборов, наличия в светильнике источника света (лампочки) и его мощности, чистоты светоотражающих поверхностей (рефлектора), светорассеивателей, наличие штепсельных соединений и т. п., определяется соответствие установленных светильников их назначению.

При составлении светотехнической характеристики целесообразно набросать от руки схему машины, размещения на ней светильников, их тип и направление светового потока.

На втором этапе проводится фотометрирование осветительных установок (замеры освещенности, оценка слепимости и т. п.). Замеры освещенности на рабочих органах машины и участках работы агрегата производятся в ночное время.

Замеры освещенности производятся при помощи объективного люксметра типа Ю 16 или люксметрами других типов, обеспечивающих возможность измерения освещения в пределах от 0,1 до 5 тысяч люксов.

Замеры освещенности производятся в плоскостях, на которые направлена линия зрения оператора (горизонтальная, наклонная и вертикальная плоскости).

Замеры освещенности на участках обрабатываемого поля должны производиться на расстоянии 2—10 *м* в полосе движения агрегата и по всей ширине его захвата. По результатам замеров строятся на графиках кривые равных освещенностей (изолюксы), что дает представление об уровне и распределении освещенности на измеряемых поверхностях и в рабочей зоне.

Оценка результатов замеров освещенности производится путем сопоставления фактических величин с нормированными.

При оценке качества освещения необходимо фиксировать наличие в рабочей зоне резких теней и блеских источников света. Источники повышенной яркости не должны попадать в поле зрения оператора (60° вверх и 45° вниз от оси зрения). В затененных участках освещенность должна составлять не менее 2 люксов.

При измерении освещенности на рабочих поверхностях и участках обрабатываемого поля еще раз должна быть проверена правильность установки светильников, исправность их, чистота светоактивных поверхностей, а также соответствие мощности ламп установленным номиналам.

### 4. МЕТОДЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ *

В системе мероприятий, направленных на совершенствование условий труда механизаторов сельского хозяйства, особое место занимают исследования влияния характера и условий трудовой деятельности на организм работающего для оценки тяжести и напряженности работы и физиологической рационализации последней.

* Эти исследования проводятся только лабораториями научно-исследовательских институтов.

Выбор методов для изучения физиологического состояния механизаторов должен производиться с учетом возможностей использования их в полевых условиях, с учетом существующих внешних влияний (температура воздуха, наличие шума, вибрации и др.), а также организации труда (режим труда и отдыха, возможность значительных физических нагрузок и т. п.).

Методы физиологических исследований должны быть адекватными характеру труда, т. е. отражать состояние тех систем организма, которые испытывают наибольшую нагрузку в данном трудовом процессе.

С этой целью необходимо проводить хронометражные наблюдения, исследования сдвигов со стороны сердечно-сосудистой системы, исследование показателей, характеризующих состояние высшей нервной деятельности, определение функционального состояния нервно-мышечного аппарата, терморегуляции организма и др.

При организации и проведении физиологических исследований в полевых условиях необходимо учитывать ряд важных моментов, имеющих большое значение для правильного сбора материала и его толкования. К таким моментам относятся:

1. Создание условий, ограждающих испытуемого от посторонних влияний в процессе исследования;

2. Проведение предварительных (тренировочных) исследований с целью ознакомления испытуемых с методами исследования и выработки у них определенных навыков;

3. Исследования следует проводить на практически здоровых лицах в возрасте 25—40 лет;

4. Физиологические исследования до и после рабочего дня проводятся непосредственно возле машины при остановке агрегата. Частоту пульса, температуру тела и кожи можно измерять также в процессе

работы, непосредственно на рабочем месте при наличии телеметрической аппаратуры или сидя рядом с водителем;

5. Физиологические сдвиги в динамике рабочего дня регистрировать в течение 3—4 дней у каждого испытуемого;

6. Разовое исследование в процессе работы не должно занимать более 5 минут с тем, чтобы не повлиять на изменение физиологических показателей;

7. Физиологические показатели у работающих механизаторов фиксируются в дневную смену на протяжении 8 часовой работы, это необходимо для получения сравнимых физиологических данных. Если работа длится дольше, исследования можно продолжать в соответствии с поставленными задачами;

8. Все исследования проводить при типичных условиях и интенсивности полевых работ;

9. Изучение сдвигов различных физиологических функций целесообразно проводить в одной и той же последовательности.

Ниже приводятся методики рекомендуемых физиологических исследований и оценки их результатов. Они разделены на две группы. Наиболее доступные, и в то же время информативные методы, обозначены как основные, остальные — как дополнительные методы.

## 4.1. Основные методы физиологических исследований

### 4.1.1. Хронометражные наблюдения

Среди методов физиологии труда особое место занимают хронометражные наблюдения, так как этот сравнительно простой и доступный для всех метод, дает возможность вести исследование непрерывно на протяжении всего рабочего дня, не отвлекая рабочего от работы.

С его помощью определяется плотность рабочего дня, удельный вес чистой работы, длительность сосредоточенного наблюдения, время пребывания в той или иной рабочей позе, частота и длительность наклонов туловища, частота рабочих движений, затрата времени на вспомогательную работу, простои технического и организационного порядка и т. д. Все это позволяет дать подробную характеристику трудовому процессу, его тяжести, правильно охарактеризовать существующий режим труда при работе на данных машинах, выявить его недостатки и одновременно определить степень механизации при выполнении основных и вспомогательных работ. Таким образом, хронометражные наблюдения помогают выявить в динамике неблагоприятные моменты как со стороны трудового процесса, так и конструктивных особенностей машин.

Обычно применяются два способа ведения хронометражных наблюдений:

1. Фотография рабочего дня (грубая или детальная), заключается в фиксировании отдельных трудовых операций во времени с помощью часов (с точностью до 2—3 минут) всего трудового процесса в течение всей рабочей смены;

2. Детальный выборочный хронометраж отдельных трудовых операций с точностью нескольких секунд.

Прежде чем приступить к хронометражным наблюдениям необходимо ознакомиться с характером выполняемой работы на данной машине при данном виде работы, установить особенности рабочих движений, определить рабочую позу и т. п. путем личных наблюдений, опроса работающих, инженеров, агрономов. После ознакомления приступают к хронометрированию.

Фотография рабочего дня ведется по текущему времени с начала и в течение всего рабочего дня с

отметкой всех последовательно встречающихся элементов работы и простоев. Ниже приводится форма записи хронометражных наблюдений при фотографии рабочего дня.

КАРТА ХРОНОМЕТРАЖНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Фамилия и. о. . . . . Профессия . . . . . .
Возраст . . . . . Стаж . . . . . .
Марка машины . . . . . Вид работы . . . . . .
Дата . . . . . .

| Начало операций | Выполняемая операция | Время каждой операции |
|---|---|---|
| 7 ч. 30 мин | Технический уход | 20 мин |
| 7 ч. 50 мин | Заправка горючим | 10 мин |
| 8 ч. | Пуск трактора и проверка работы двигателя | 15 мин |
| 8 ч. 15 мин | Выезд на поле | 5 мин |
| 8 ч. 20 мин | Культивация (начало основной работы) | 22 мин |
| 8 ч. 42 мин | и т. д. | |

Рабочее время, как правило, делится на следующие разделы: время основных работ, вспомогательных, простоев по техническим причинам, простоев по организационным причинам, перерывов на обед и другие моменты.

Обработка хронометражных материалов требует свода всех показателей в абсолютных величинах и в процентах к рабочему времени. Один из способов сведения показателей приведен ниже. В каждой графе представляются суммарные данные по соответствующему виду деятельности или отдыха.

На основании индивидуальных хронометражных наблюдений выводятся сводные средние данные.

ФОРМА ОБРАБОТКИ ХРОНОМЕТРАЖНЫХ ДАННЫХ

Марка . . . . . Вид работы . . . . .

| Дата хронометража | Продолжительность рабочего дня в мин. | Основная работа | | Вспомогат. работа | | Простои по техническим причинам | | Простои по организац. причинам | | Обеденный перерыв | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Факт. время в минут. | % | Факт. время в минут. | % | Факт. время в минут. | % | Факт. время в минут. | % | Факт. время в минут. | % |

**Детальный выборочный хронометраж** отдельных трудовых операций заключается в определении количества и продолжительности отдельных элементов трудовой операции за определенный отрезок времени (в течение 10—30 минут) несколько раз (4—8) на протяжении рабочего дня.

Детальный хронометраж можно проводить по так называемому текущему времени, т. е. не останавливая секундомера, или же отмечая время на выполнение каждого элемента работы. При наличии кратковременных повторяющихся операций засекается время на выполнение нескольких операций. Например, при продолжительности операций в 2—5 секунд, по секундомеру отмечается время на 20 операций (начало 1-й и конец 20-й операции). В последующем это время делится на 20 и, таким образом, определяется время на одну операцию.

В условиях работы механизатора обязательно учитывается и количество рабочих движений за определенный отрезок времени при управлении агрегатом, при техническом уходе и т. п. Это позволяет определить трудоемкость работы (управления, технического ухода и т. д.) механизатора на различных

сельскохозяйственных агрегатах. При работе на одних агрегатах количество и продолжительность рабочих движений больше, на других меньше, что определяется конструктивными особенностями машины.

При оценке данных детального хронометража необходимо учитывать также физические усилия при переключении органов управления (см. раздел 3.1 — Рабочее место), что даст возможность более полно оценить работу механизатора по тяжести и напряженности.

На основании данных детального хронометража можно судить о динамике изменения работоспособности механизаторов в течение рабочего дня.

В случае большой плотности рабочих движений и значительных мышечных усилий необходимо рекомендовать на данном агрегате внести конструктивные изменения по улучшению управления агрегатом.

Данные хронометража позволяют давать количественную характеристику тяжести работы. Для этого рекомендуется использовать часть критериев классификации, разработанной Институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР совместно с другими институтами в 1970 г.

Работы на сельскохозяйственных машинах не связаны с длительными перемещениями грузов или самого работающего, однако могут иметь место значительные статические усилия при нерациональной рабочей позе, наклонах тела, длительном удержании рычагов и педалей со значительными усилиями и т. п.

**Статическая нагрузка** характеризуется величиной мышечного усилия и его временем. Время удержания определяется хронометрированием на протяжении рабочей смены. Величина статической нагрузки определяется умножением величины усилия на время удержания и выражается в кг. мин. (в случаях изменения величины статических усилий величина и время каж-

дого из них определяется отдельно, находятся произведения их и затем эти произведения суммируются). Величины статической нагрузки по группам тяжести коррелируют с группами мощности внешней работы и уровнем снижения выносливости.

**Рабочая поза** и перемещение в пространстве является дополнительным показателем тяжести труда. Определяется непосредственным наблюдением, измерениями величины углов наклона и данными хронометражных наблюдений (% времени пребывания в той или иной позе за рабочую смену).

**Максимальная величина перемещаемого груза** является дополнительным показателем для определения тяжести работы. Она определяется путем непосредственных замеров или берется из технологических карт. Для использования труда женщин и подростков необходимо, чтобы величина этого параметра была не выше II категории.

Общая оценка тяжести труда дается по максимальному баллу описанных трех показателей.

Оценка напряженности работы производится по физиологическим данным, так как однозначная ее оценка по данным хронометража очень затруднительна.

### 4.1.2. Измерение частоты пульса

Частота пульса является наиболее часто применяемым показателем для оценки напряженности сердечно-сосудистой системы при работе.

Наиболее объективным методом исследования частоты пульса является телеметрическая ее регистрация на протяжении всего рабочего дня. По этим данным вычисляется средняя частота за всю смену, а также отдельно в периоды работы и отдыха. При отсутствии телеметрической аппаратуры частота пульса измеряется пальпаторно в течение 10—15 секунд,

не позже, чем через 15—20 секунд после окончания той или иной рабочей операции, а также в периоды отдыха.

Среднюю частоту за смену можно получить двумя способами: 1. Измерением пульса через каждые 20 минут с последующим вычислением средней; 2. Исследованием частоты пульса в периоды основных работ: работе в гоне (учитывая ее продолжительность требуется несколько измерений), ремонт машины, отдых и т. п. В этих случаях следует вычислять среднее взвешенную с учетом продолжительности каждого вида работы. Например, при рабочем дне продолжительностью 8 часов работа в гоне длится 4 часа (50%), ремонт машины — 2 часа (25%), простои — 1 час (12,5%) и отдых 1 час (12,5%). Частота пульса у работающих в гоне достигает 95 ударов в минуту, при ремонте — 87, простоях — 86 и отдыхе 80 ударов в минуту. Средняя частота пульса равна:

$$= \frac{95 \times 50}{100} + \frac{87 \times 25}{100} + \frac{86 \times 12{,}5}{100} + \frac{80 \times 12{,}5}{100} + =$$

$$= 89 \text{ уд/мин.}$$

#### 4.1.3. Измерение температуры тела и кожи

Для определения теплового состояния организма механизаторов необходимо иметь сведения о температуре тела, кожи и теплоощущениях, которые являются специфическими показателями, характеризующими состояние функции терморегуляции.

Измерение температуры тела производится обычными медицинскими термометрами (лучше минутными) перед началом работы, на протяжении смены несколько раз (2—3 раза), особенно после наиболее трудоемких операций, простоев и после работы.

Измерение температуры кожи производится термометром ТЭМП на лбу, груди (между ключица-

ми), кистях. Температура кожи лба 32—33°, кожи груди 34—35°, кисти 30—31° свидетельствует о комфортном тепловом состоянии организма. При неблагоприятных условиях микроклимата происходит понижение или повышение температуры кожи по сравнению с приведенными величинами. При высокой температуре окружающей среды наблюдается сглаживание разницы между температурой кожи на различных участках (температуры кожи лба и кисти становятся равными).

Температура тела в течение рабочего дня может изменяться на 0,2—0,3°. Повышение температуры тела на 0,5° в сравнении с исходным уровнем свидетельствует о задержке тепла в организме, связанной с неблагоприятными условиями микроклимата или выполнением физической работы.

Для оценки теплового состояния человека регистрируются его теплоощущения по пятибальной шкале: 1 — холодно; 2 — прохладно; 3 — хорошо; 4 — тепло; 5 — жарко. Оптимальным — комфортным условиям соответствует оценка «хорошо», допустимым — «прохладно», «тепло». Рекомендуется регистрировать также ощущение тепла или холода на конечностях.

#### 4.1.4. Определение скрытого периода зрительно-моторной реакции

Исследования скрытого периода зрительно-моторной реакции проводится при помощи хронорефлексометров.

Принцип метода заключается в том, что испытуемый должен как можно быстрее нажать кнопку на световой раздражитель, который подается на табло прибора. При этом стрелка прибора показывает время от момента подачи сигнала до момента ответной реакции испытуемого на него, т. е. скрытый период реакции. Всего дается 10 раздражителей с промежутками от

5 до 10 секунд. Для создания по возможности стандартных условий световое табло рекомендуется размещать на расстоянии вытянутой руки от испытуемого. Замеры скрытого периода зрительно-моторной реакции лучше производить в начале каждого часа работы (вслед за измерением частоты пульса). Если это невозможно, то не менее 3 раз в день: в середине 1,6 и 8 часов работы. После каждого измерения ответных реакций выводится средняя из 10 полученных цифр. Условия проведения исследований должны обеспечить получение сопоставимых данных (примерно равная сила раздражителя, освещенность места проведения исследования и т. п.). Результаты могут выражаться в процентах к данным первого часа работы. В зависимости от функционального состояния ЦНС продолжительность скрытого периода реакции меняется. Увеличение времени указывает на преобладание тормозных процессов в центральной нервной системе, что может быть обусловлено утомлением.

#### 4.1.5. Определение выносливости мышц к статическому усилию

Определение выносливости к стандартному статическому мышечному усилию является адекватным и чувствительным тестом для исследования функционального состояния нервно-мышечной системы и работоспособности.

Измерение мышечной выносливости проводится с помощью ручного водяного (или другого) динамометра после измерения времени скрытого периода зрительно-моторной реакции. В ходе исследований рабочий должен находиться в положении стоя. Руки не должны на что-либо опираться. Рука исследуемого должна быть согнутой в локтевом суставе, угол между плечом и предплечьем должен составлять около 90°—100°.

Важным является взятие исследуемым резиновой груши всегда одним и тем же приемом. Сжатие груши должно осуществляться всей ладонной поверхностью.

Перед началом измерения мышечной выносливости необходимо определить мышечную силу — максимальное сжатие исследуемой рукой. Измерения проводятся трехкратно с интервалом в 10—20 секунд. Получив таким образом величину максимальной мышечной силы испытуемому предлагают удерживать усилие кисти, равное 2/3 от максимальной силы, до полного утомления. К примеру, получены следующие величины: 57, 60, 58 *кг*. Максимальная сила при этом будет 60 *кг*, 2/3 этой величины — 40 *кг*. Время удержания усилия фиксируется секундомером.

Следует помнить, что последующее измерение выносливости надо проводить при одном и том же усилии, то есть равном 2/3 исходной мышечной силы, полученной в начале рабочего дня, т. е. в нашем примере 40 *кг*.

Измерение мышечной выносливости производится в середине 1, 3, 6 и 8 часа работы.

Выносливость также может выражаться в процентах к данным первого часа.

### 4.2. Дополнительные методы физиологических исследований

Рекомендуемый минимум методик физиологических исследований не исключает применения других адекватных методов, которые помогут полнее охарактеризовать изменения в состоянии организма в процессе работы.

Рост и внедрение в сельскохозяйственное производство новой сложной техники приводит к усложнению управления и увеличению нервно-эмоционального напряжения. В связи с этим целесообразно применение методов исследования психических функций, в частности, устойчивости внимания и оперативной памяти.

### 4.2.1. Объем оперативной памяти

Исследование проводится по следующей схеме: испытуемому для запоминания предъявляется карта-задание. Каждая карта-задание содержит изображение определенного числа равноценных фигур — треугольников с различной внутренней штриховкой (лучше шесть фигур). Карта-задание предъявляется испытуемому на 10 сек для ее запоминания, после чего испытуемый должен опознать и выбрать запомнившиеся фигуры из блок-кассы, содержащей различное число вариантов фигур-треугольников (рекомендуется 24) среди которых есть все бывшие в карте-задании. На опознавание и выбор фигур дается 1 минута. Оценка способности к непосредственному запоминанию производится по количеству правильных ответов. Схема исследования способности к непосредственному запоминанию состоит из 4 проб в течение рабочего дня: в середине 1, 3, 6 и 8 часа работы. Каждая новая проба проводится при помощи нового варианта карты-задания, что исключает возможность запоминания предыдущей карты.

Изменение оперативной памяти оценивается в процентах к числу запоминаемых фигур в начале работы.

Для оценки оперативной памяти можно использовать также цифровые таблицы, состоящие из 12 случайных двузначных чисел.

### 4.2.2. Устойчивость и концентрация внимания *

Исследование внимания проводится при помощи метода отыскивания чисел по Шульте — Платонову (1962, 1970). Сущность метода заключается в том,

* К. К. Платонов. Вопросы психологии труда. Изд. «Медицина», М., 1970 г.

что исследуемый в максимально короткий срок (время фиксируется секундомером) показывает и называет поочередно два ряда чисел — числа одного ряда (черные), последовательно от 1 до 24, а второго ряда (красные), в обратном порядке от 24 до 1. Оба ряда чисел расположены в таблице в случайном порядке в 7 рядов в 49 клетках (одна из клеток свободная).

Исследование производится в начале 1, 3, 6 и 8 часа работы. Чтобы исключить запоминание таблиц каждое последующее определение производится при помощи нового варианта. Данные, полученные в процессе работы, сравниваются в процентах с данными первого часа.

### 4.3. Оценка результатов физиологических исследований

Полученные таким образом данные физиологических исследований у работающих механизаторов сводятся в таблицы и подвергаются статистической обработке и анализу.

На основании анализа полученных результатов можно дать оценку данного трудового процесса с физиологической точки зрения. Так, по данным хронометражных и эргономических наблюдений можно выяснить тяжесть работы, конструктивные недостатки машины, которые определяют неблагоприятные сдвиги в организме работающего (нерациональное расположение органов управления, значительная частота их переключений, длительные статические усилия и т. п.).

На основании анализа данных об изменении частоты пульса, мышечной работоспособности, времени зрительно-моторной реакции и динамики других функций, можно предложить меры по улучшению конструкций машин, направленные на уменьшение нагрузок, рационализацию рабочего места, позы и т. п.

*Таблица 5*

Схема количественной оценки напряженности физиологических функций по их средней величине или измерениям в период работы

| Степень напряженности физиологических функций | Средняя частота пульса за смену (в 1 мин). | Изменение к концу рабочего дня в % от исходного | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Уменьшение | | Увеличение | |
| | | мышечная выносливость | объем операт. памяти | скрытый период зрительно-моторной реакции | время различения (концентрации внимания) |
| 1. Не напряженная | до 80 | до 10 | до 5 | нет увелич. | до 5 |
| 2. Мало напряженная | 81—95 | 11—30 | 6—25 | 1—25 | 6—25 |
| 3. Напряженная | 96—110 | 31—50 | 26—50 | 26—50 | 26—50 |
| 4. Очень напряженная | 111 и более | 51 и более | 51 и более | 51 и более | 51 и более |

Для объективной оценки существующих условий и характера трудового процесса рекомендуется физиологические исследования проводить в сравнительном плане, то есть у работающих на новом экспериментальном и серийном образцах машин одного и того же назначения. Сравнивая полученные данные физиологических исследований можно судить об улучшении или ухудшении условий труда на новом экспериментальном образце машины.

Данные физиологических исследований необходимо оценивать с точки зрения напряженности трудового процесса. Для количественной оценки напря-

женности следует пользоваться приведенной схемой (таблица 5).

Напряженность работы в целом определяется по функции, обнаруживающей наибольшие сдвиги. Например, если по средним данным нескольких испытуемых в процессе работы мышечная выносливость уменьшилась на 25%, латентный период зрительно-моторной реакции на 20%, а средняя частота пульса за смену составляла 101 в 1 мин, то работу следует считать напряженной (3-й степени напряженности).

При оценке напряженности труда механизаторов могут возникнуть затруднения в связи с тем, что в различные дни плотность рабочего дня может резко отличаться (плохие погодные условия, организационные и технические неполадки и т. п.). Поэтому оценку напряженности работы следует давать по данным типичных дней работы.

## 5. РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ НОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И УСЛОВИЙ ТРУДА НА НИХ

Составление санитарно-гигиенического заключения о машине в целом и условиях труда на ней является наиболее ответственным этапом работы.

При составлении заключения в основу ложатся объективные данные гигиенических и физиологических исследований, но при этом необходимо учитывать и такие, весьма важные элементы, как сроки эксплуатации машин, от которых зависит время воздействия того или иного вредного фактора, адаптация организма к воздействию некоторых факторов.

При оценке данных физиологических исследований необходимо учитывать, что они отражают интегральную реакцию организма на воздействие большого

комплекса факторов не только производственной среды, но и бытовой обстановки и целого ряда других моментов, предшествовавших работе.

Задача врачей-гигиенистов состоит в том, чтобы оценить все данные объективных исследований в совокупности с личными впечатлениями и интересами производства и сделать окончательное заключение о машине.

В протоколах государственных испытаний в разделе «Оценка конструкции с точки зрения соблюдения правил техники безопасности и санитарно-гигиенических требований» необходимо перечислить по важности все недостатки конструкции машины, обуславливающие неблагоприятные факторы производственной среды и труда со ссылкой на конкретный пункт требований ГОСТа, действующих санитарных норм и правил и др. требований, привести фактические параметры неблагоприятных факторов, сравнить их с данными аналогичных контрольных образцов машин и нормативными. В качестве подтверждения неблагоприятного или вредного воздействия труда в целом или конкретного фактора приводятся данные соответствующих (адекватных) физиологических реакций организма испытуемых механизаторов.

В протоколе следует перечислить конкретные санитарно-гигиенические рекомендации по усовершенствованию конструкции машины и, в отдельных случаях, рекомендовать внедрение лучших решений, осуществленных на других машинах (например, тип и марку амортизированных сидений, глушителей шума, воздухоохладителей и кондиционеров, стеклоочистителей, тонированных стекол, тепло и шумопоглощающих материалов, воздухоочистительных фильтров, термосов и т. п.).

Учитывая то, что профилактические осмотры и технический уход за машиной, а также регулировка

машины и устранение неисправностей осуществляются механизаторами в полевых условиях и при этом могут быть большие неудобства, опасности и иметь место вредные выделения — в протоколах необходимо (в случаях наличия этих моментов) указать на них. Примерами могут служить трудности доступа к местам смазки, необходимость частой замены узлов, подтяжки гаек, необходимость снятия тяжеловесных деталей при замене какой-либо неисправной части машины (передаточные цепи, звездочки и т. п.), отсутствие необходимых при техуходе и техосмотре инструментов и приспособлений, переносных ламп, коврика для подстилки на землю при ремонте под машиной и т. п.

Каждая новая машина, предлагаемая для производства, должна быть производительнее, экономичнее и, безусловно, иметь преимущества в санитарно-гигиеническом отношении по сравнению с другими аналогичными образцами. На них должны быть осуществлены лучшие технологические и технические решения.

В заключение должны быть сформулированы окончательные выводы о машине. Такие выводы могут носить следующий характер:

1. Заключения о том, что конструкция испытуемой машины отвечает всем требованиям гигиены труда и может быть рекомендована к серийному производству;

2. Заключения о том, что испытуемая машина не отвечает каким-либо требованиям, поэтому в ее конструкцию необходимо внести определенные усовершенствования;

3. Заключения о том, что данная машина не отвечает элементарным требованиям гигиены труда и техники безопасности, поэтому не может быть рекомендована к серийному производству.

Первый из этих выводов должен основываться на действительно полном соответствии конструкции машины действующим ГОСТам, санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к этой группе машин и соответствии параметров неблагоприятных факторов труда действующим санитарно-гигиеническим нормам.

Для более быстрой реализации гигиенических требований и привлечения внимания конструкторов к вопросам внедрения гигиенических мероприятий на сельскохозяйственных машинах копию заключения с результатами гигиенических исследований рекомендуется направлять в конструкторское бюро и заводу-изготовителю.

# ПРИБЛИЖЕННЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ МЕСТ НА ТРАКТОРАХ И САМОХОДНЫХ МАШИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

*(Разработан во ВНИИНМАШ'е Госстандарта СССР)*

Директор института к. т. н. В. Верченко
Зав. отделом проблем стандартизации в области вибробезопасности машин и вибрационной защите оператора к. т. н. Н. Бунин, и. о. зав. сектора инж. В. Барабанов

В качестве результата статистического анализа вибрационных характеристик рабочих мест машин должны быть получены среднеквадратичные значения в заданных полосах частот нормируемых величин колебаний, воздействующих на операторов. Во многих организациях, где появляется необходимость в таком анализе, имеются распространенные ЭВМ для инженерных расчетов типа «Мир», «Наири» и др. Такие машины характеризуются ограниченной оперативной памятью и сравнительно небольшой скоростью счета. Для того, чтобы использовать их в выше указанных целях, появляется необходимость в методике расчета среднеквадратичных значений в полосах частот, которая определялась бы несложным алгоритмом и требовала небольшого количества исходной информации, или, хотя бы, позволяла вводить ее в машину по частям.

Как известно, среднеквадратичное значение стационарного случайного процесса $x(t)$ в полосе частот определяется выражением

$$\sigma_к(\omega_1, \omega_2) = \sqrt{2\int_{\omega_1}^{\omega_c} s(\omega)\, d\omega}$$

где $s(\omega)$ — спектральная плотность процесса, а $\omega_1$ и $\omega_2$ — граничные частоты полосы.

Таким образом, методика получения величин $\sigma_x$ определяется способом вычисления функции $s(\omega)$.

В настоящее время широко применяется метод получения спектральной плотности с предварительным расчетом корреляционной функции и последующим ее Фурье-преобразованием. Однако, этот метод обладает рядом недостатков, которые могут привести при обработке результатов измерения вибрации на рабочих местах к недостоверным результатам.

Даже в случае идеального стационарного процесса, благодаря конечности его реализации, полученная таким образом оценка спектральной плотности оказывается несостоятельной, то есть, дисперсия этих оценок не уменьшается при увеличении продолжительности реализации. В результате могут даже появляться лишенные физического смысла отрицательные значения спектральной плотности. Во избежание этого приходится использовать специальные весовые функции, что значительно усложняет и без того громоздкие расчеты.

Кроме того, при расчете корреляционной функции необходимо вводить в машину всю потребную исходную информацию, объем которой при этом методе весьма значителен.

Часто прибегают к аппроксимации рассчитанной численным путем корреляционной функции каким-

либо аналитическим выражением, однако, при этом трудно что-либо сказать о получаемой точности.

Кроме того, в ряде случаев (например, на самоходных с/х машинах, тракторах, строительно-дорожных машинах и др.) на чисто случайный процесс накладываются гармонические составляющие. В таких случаях, прежде чем для получения спектральной плотности подвергнуть корреляционную функцию Фурье-преобразованию, необходимо выделить все гармонические составляющие, что связано с большими математическими трудностями и также приводит к снижению точности.

Таким образом, в дополнение к требованиям простоты и возможности использования небольшого объема информации, метод должен обеспечивать непоявление отрицательных значений спектральной плотности и быть пригодным для обработки записей процессов, включающих в себя как случайную, так и гармонические составляющие.

И, наконец, методика должна позволять оценивать получаемую точность, или, наоборот, определять средства обеспечения заданной точности.

Удовлетворять изложенным требованиям позволяет метод, использующий прямое получение спектральной плотности, непосредственно из записи колебательного процесса, минуя вычисление корреляционной функции. Ниже кратко изложено содержание такого метода.

### Приближенный прямой метод получения спектральной плотности

Оценкой спектральной плотности является величина

$$s_m(\omega) = \frac{1}{2\pi T} |X_т(j\omega)|^2, \qquad (1)$$

где $X_T(j\omega) = \int_0^T x(t)\, e^{-j\omega t}\, dt$ — преобразование Фурье записи процесса в конечных пределах.

При этом, для обеспечения несмещенности и состоятельности оценок, а также для получения возможности определения точности, следует проводить усреднение как по полосе частот, так и по отрезкам реализации.

В результате получается оценка среднеквадратического значения измеряемого параметра колебательного процесса в полосе частот вида

$$\bar{\sigma}_x = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} \sigma_{xi} \qquad (2)$$

$$\sigma_{xi} = \sqrt{\frac{1}{\pi T_1} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \left\{ \left[ \int_0^{T_1} x(t) \cos \omega t dt \right]^2 + \left[ \int_0^{T_1} x(t) \sin \omega t dt \right]^2 \right\} d\omega} \qquad (3)$$

где $\omega_1$ и $\omega_2$ — границы частотного интервала, $T_1$ — величина элементарного отрезка реализации из общего числа их $n_2$, на которые разбивается вся реализация продолжительностью $T$.

При этом можно показать, что систематическая ошибка метода, то есть ошибка определения величин $\sigma_{xi}$ по формуле (3) определяется выражением

$$\varepsilon_1 = \frac{0{,}2}{n_1 \cdot \Delta\rho}. \qquad (4)$$

Здесь $n_1 = \frac{T_1}{T_0}$ — безразмерная продолжительность отрезка реализации, определяемая отношением его продолжительности к величине периода средней частоты полосы $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$

$\Delta\rho = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_2 + \omega_1}$ — безразмерная полуширина

полосы,

$$\Delta\omega = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}, \quad \omega_0 = \frac{\omega_2 + \omega_1}{2}. \tag{5}$$

Усреднение по полосе частот, содержащееся в выражении (3), позволяет выделить систематическую составляющую полной ошибки метода, возникающую благодаря тому, что несмещенность таких оценок носит асимптотический характер, то есть, математическое ожидание оценки стремится к истинному значению оцениваемой величины при стремлении отрезка реализации $T_1$ к бесконечности, а при конечных $T_1$ не равно ему.

Усреднение же по отрезкам реализации, определяемое формулой (2), позволяет выделить вторую составляющую ошибки, возникающую благодаря дисперсионному разбросу оценок. Эта составляющая равна:

$$\varepsilon_2 = t^*_\beta \frac{\sigma_x}{\bar{\sigma}_x}, \tag{6}$$

где $\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (\sigma_{xi} - \bar{\sigma}_x)^2}$; $t^*_\beta$ —преобразованное распределение Стьюдента, связанное с ним соотношением

$$t^*_\beta(n_2, \beta) = \frac{1}{\sqrt{n_2}} t_\beta(n_2, \beta),$$

где $\beta$ — доверительная вероятность получения точности $\varepsilon_2$. Таким образом, $t^*_\beta$ так же, как и $t_\beta$, является функцией двух аргументов — числа интервалов $n_2$ и доверительной вероятности $\beta$. На рис. 1 представлена эта зависимость.

Полная ошибка метода равна

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}. \tag{7}$$

Наличие двух составляющих полной ошибки метода позволяет вычислить оптимальную, с точки

зрения продолжительности всей реализации, величину одного отрезка ее. Она определяется выражением

$$n_{1\text{опт}} = \frac{T_{1\text{опт}}}{T} = \frac{0{,}1\sqrt{2}}{\varepsilon}\frac{\omega_0}{\Delta\omega}. \qquad (8)$$

Исходной информацией для проведения описываемых расчетов являются записи колебательных процессов. Используются, в основном, записи двух видов — на магнитной пленке и на осциллографической ленте.

При проведении расчетов на ЭВМ с использованием магнитной записи необходим преобразователь типа «напряжение — код», с выхода которого на вход ЭВМ подается в нужном темпе дискретная информация.

Преобразование непрерывной (графической) информации, записанной на осциллографическую ленту, может осуществляться автоматически и вручную. В первом случае используются электроннооптические преобразователи (типа «Силуэт» и др.), выдающие перфоленту, пригодную для ввода в ЭВМ. Во втором случае дискретные данные снимаются с осциллографической ленты вручную и набиваются на перфоленту с помощью перфоратора.

Рассмотрим вопрос о количестве необходимой исходной информации. Оно определяется, прежде всего, шагом дискретизации по времени. Можно показать, что число шагов, на которые следует разбивать период средней частоты полосы определяется выражением

$$l = \frac{T_0}{\Delta t} = \frac{3{,}6}{\sqrt{2\gamma}\,\varepsilon^{1/2}}, \qquad (9)$$

где $\varepsilon$ — как и прежде — полная допустимая ошибка, $\Delta t$ — шаг дискретизации по времени и $\gamma = \frac{\varepsilon_0 t}{\varepsilon}$ — отношение ошибки за счет дискретизации к полной

ошибке. Если положить $\gamma = 0{,}05$, то

$$l = \frac{6{,}5}{\varepsilon^{1/2}} \tag{10}$$

В соответствии с этим, для $\varepsilon = 0{,}1$, $l = 20$.

Объем числовой информации, необходимой для расчета одной полосы, равен

$$N = \frac{\nu + 1}{\nu - 1} e^{-3/2} n_2 , \tag{11}$$

где $N$ — количество чисел и $\nu = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ — отношение граничных частот. Так, для октавной полосы ($\nu = 2$) при $\varepsilon = 0{,}1$ и $n_2 = 10$ объем исходной информации, приходящийся на одну полосу, равен, примерно, 1000 чисел.

Однако, выражение (11) не определяет собой требования к оперативной памяти ЭВМ. Минимальный объем оперативной памяти определяется массивом чисел, необходимых для расчета одного значения $\sigma_{x'}$ и равен поэтому

$$n_{\min} = \frac{\nu + 1}{\nu - 1} \varepsilon^{-3/2}. \tag{12}$$

Для рассмотренного выше примера это составит всего 100 чисел. Естественно, что в этом случае обработка информации производится поэтапно, не только по полосам, но и по отрезкам $T_1$ реализации.

Число шагов, на которые разбивается полоса частот при численном интегрировании, определяется выражением

$$m = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\delta\omega} = \frac{1}{2{,}5 \sqrt[4]{\nu}\, \sqrt{2\gamma}\, \varepsilon^{3/2}}, \tag{13}$$

где $\gamma = \frac{\varepsilon_{\delta\omega}}{\varepsilon}$.

Если по-прежнему положить $\gamma = 0{,}05$, то

$$m \approx \frac{1}{\varepsilon^{3/2}}. \qquad (14)$$

Для $\varepsilon = 0{,}1$ $m \approx 30$.

Ниже приводится краткое описание операций расчетов.

1. Определение констант расчета.

а) Задаются значения допустимой общей ошибки $\varepsilon$ и вероятности $\beta$ невыхода за пределы случайной ошибки $\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}}$.

б) Задаются интервалы (полосы) частот, в которых необходимо вычислить среднеквадратичные значения. Определяются их полуширины $\Delta\omega^{(p)}$ ($p$ — номер полосы) и средние значения $\omega_0^{(p)}$ (или $\Delta f^{(p)}$ и $f_0^{(p)}$).

в) Для каждой полосы определяется оптимальная продолжительность отрезка реализации

$$T_1^{(p)} = n_1 T_0, \qquad (15)$$

где $T_0^{(p)} = \frac{1}{f_0^{(p)}}$, а $n_1$ определяется по формуле

$$n_1^{(p)} = \frac{0{,}1\sqrt{2}}{\varepsilon} \frac{f_0^{(p)}}{\Delta f^{(p)}}.$$

г) Определяется число интервалов, на которые разбивается период средней частоты полосы (эта величина одинакова для всех полос) и величины самих интервалов (шаги интегрирования по времени) для каждой полосы:

$$l = \frac{6{,}5}{\varepsilon^{1/2}}$$

$$\Delta t^{(p)} = \frac{T_0^{(p)}}{l} = \frac{1}{l f_0^{(p)}}. \qquad (16)$$

д) Определяется число интервалов $m$, на которые разбивается каждая полоса (оно одинаково для всех полос) и величина интервала для каждой полосы:

$$m = \frac{1}{2\varepsilon^{3/4}}$$

$$\delta\omega^{(p)} = \frac{2\Delta\omega^{(p)}}{m} \qquad (17)$$

2. Получение и обработка исходной информации.

а) На основе имеющегося опыта или ориентировочно выбирается полное время реализации, исходя из нижней полосы исследуемого спектра:

$$T = n_2 T_1^{(1)}, \qquad (18)$$

При отсутствии накопленного опыта рекомендуется брать $n_2^{(1)}$ порядка 10, а при дальнейших измерениях и расчетах эта величина корректируется в соответствии с требуемой точностью и разбросом получаемых значений $\sigma_{xi}$. К примеру, при частоте $f_0^{(1)} = 1$ *гц*, $n_1 = 5$; $n_2 = 10$ продолжительность реализации оказывается равной 50 *сек*.

Обработанную исходную информацию (в дискретном виде) удобно расположить массивами, соответствующими отдельным полосам частот. Каждый массив будет охватывать период времени $T^{(p)} = n_2 T_1^{(p)}$, обратно пропорциональный средней частоте полосы. Как указывалось выше, в случае равных (в логарифмическом масштабе) полос на каждую полосу приходится одинаковое количество чисел. Если же память машины не вмещает весь массив, относящийся к данной полосе, его следует разделить на подмассивы, включающие в себя один или несколько отрезков $T_1^{(p)}$.

3. Численный расчет среднеквадратичных значений исследуемого процесса $x(t)$ в $p$-й полосе частот

производится по формуле (индекс $p$ при константах $T_1$, $\delta\omega$ и $\Delta t$ опущен ради уменьшения громоздкости):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\delta\omega}{\pi T_1}\sum_{j=1}^{m}\{[\sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x})\cos(\omega_j i\Delta t)]^2 + [\sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x})\sin(\omega_j i\Delta t)]^2\}}, \quad (19)$$

где $k = \ln_1$ и $\bar{x} = \frac{1}{k}\sum_{i=0}^{k} x_i$. (Такие характеристики колебательных процессов, как скорость и ускорение, сами по себе центрированы. Однако, при записи на осциллографическую ленту эта центрированность теряется и в алгоритме приходится предусматривать ее восстановление).

4. Выходными величинами проведенного на ЭВМ расчета должны явиться $n_2$ значений $\sigma_{xi}$ для каждой полосы частот, которые затем подвергаются статистическому анализу. Из полученных значений $\sigma_{xi}$ находят по формуле

$$\bar{\sigma}_x = \frac{1}{n_2}\sum_{i=1}^{n_2}\sigma_{xi}$$

величину, которая является первоначальной оценкой интересующего нас среднего квадрата. Затем следует вычислить величину

$$\sigma'_x = \sqrt{\frac{1}{n_2-1}\sum_{i=1}^{n_2}(\sigma_{xi}-\bar{\sigma}_x)^2}.$$

После этого подсчитывается величина $\frac{\varepsilon\bar{\sigma}_x}{\sigma'_x}$ (напомним, что величиной $\varepsilon$ задавались с самого начала).

Эту величину следует отложить по оси абсцисс рис. 1. Восстановив из этой точки перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривой, соответствующей требуемой доверительной вероятности $\alpha$, определяют

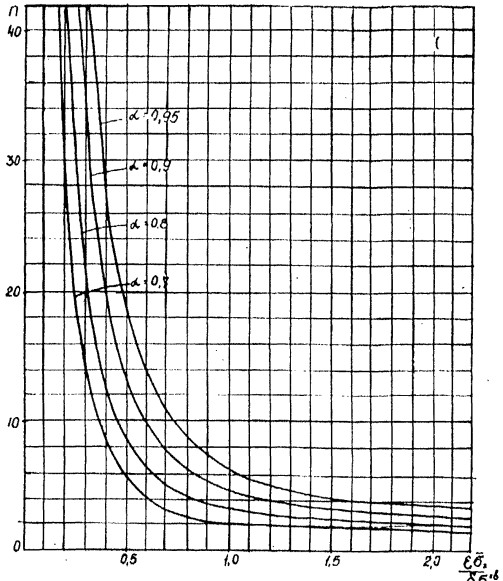



Рис. 1

число расчетов, необходимое для достижения требуемой точности и доверительной вероятности. Если это число окажется равным или меньшим сделанного числа расчетов, то на этом расчеты заканчиваются. Если же больше — то подвергаются обработке в соответствии с (19) еще несколько отрезков реализации.

Число их должно составлять в сумме с числом первоначально обработанных величину $n_2$, полученную с помощью графика. После этого следует снова вычислить величину $\frac{\varepsilon\bar{\sigma}_x}{\sigma_k'}$, исходя уже из имеющихся $n_2$ чисел (начальных и добавочных) и снова воспользоваться тем же графиком, чтобы убедиться в том, что

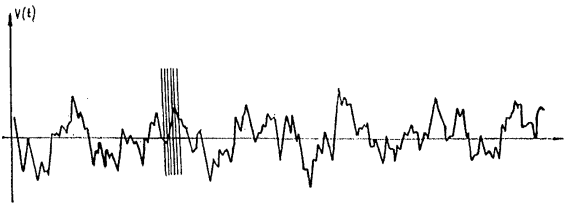



*Рис. 2*

обработанных отрезков реализации достаточно для достижения требуемой точности и ее доверительной вероятности. В противном случае следует снова добавить необходимое число отрезков и т. д.

Однако практика показывает, что обычно достаточно первой, «пристрелочной» обработки нескольких, например, пяти отрезков и добавочной обработки недостающих, дважды при этом обращаясь к упомянутому графику. Очевидно, что такая процедура должна повторяться для каждой частотной полосы.

**Пример численного расчета.** Обработке подвергалась запись вертикальных колебаний на сидении оператора комбайна СК-4, проведенная в процессе обмолота. Использовалась следующая аппаратура: электрический акселерометр типа АЗ-111 конструкции ВИСХОМ, тензометрический усилитель 8АНЧ-7М с

блоком питания и шлейфовый осциллограф Н-700. Записывалась зависимость скорости колебаний сидения оператора от времени. На рис. 2 представлен отрезок осциллографической записи. Масштаб по вертикали — 0,08 $\frac{см}{сек}$/*мм*. Два соседних штриха отстоят друг от друга по времени на 0,01 *сек*. Продолжительность записи примерно 100 *сек*. Расчет проводился по ЭВМ «Минск 22». Период интегрирования по времени $T_1^{(p)}$ брался примерно равным пяти периодам средней частоты каждой полосы (октавной). Шаг интегрирования по времени, $\Delta t$, для удобства пользования штрихами, нанесенными на ленту, составил 1/12,5 соответствующего периода. Шаг интегрирования по частоте был принят равным 1/50 ширины каждой полосы. В таблице приведена часть перечисленных констант расчета.

| Средне-геометрическая частота $f_0$, *гц* | 2 | 4 | 8 | 16 |
|---|---|---|---|---|
| Период интегрирования во времени, $T_1$ *сек* | 2,42 | 1,21 | 0,606 | 0,303 |
| Шаг интегрирования по времени, $\Delta t$, *сек* | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,005 |
| Шаг интегрирования по частоте, $\delta\omega$ *рад/сек* | 0,178 | 0,356 | 0,712 | 1,424 |
| Число ординат, снятых с записей | 63 | 63 | 63 | 63 |

Для каждой частотной полосы проводилось 10 расчетов, в результате чего для каждой из них было получено 10 значений $\sigma_v$, имеющих некоторый разброс.

В следующей таблице представлены эти величины для каждой полосы, их средние значения, показаны

точности при доверительной вероятности, равной 0,9, а также число расчетов $n_2$, необходимых для достижения точности, равной 0,2.

| $f_0$ | 2 | 4 | 8 | 16 |
|---|---|---|---|---|
| $\sigma v_1$ | 0,039 | 0,598 | 0,441 | 0,139 |
| $\sigma v_2$ | 0,040 | 0,609 | 0,472 | 0,233 |
| $\sigma v_3$ | 0,038 | 0,632 | 0,402 | 0,228 |
| $\sigma v_4$ | 0,052 | 0,640 | 0,444 | 0,215 |
| $\sigma v_5$ | 0,065 | 0,578 | 0,433 | 0,208 |
| $\sigma v_6$ | 0,044 | 0,603 | 0,313 | 0,189 |
| $\sigma v_7$ | 0,049 | 0,547 | 0,379 | 0,265 |
| $\sigma v_8$ | 0,063 | 0,605 | 0,462 | 0,209 |
| $\sigma v_9$ | 0,048 | 0,616 | 0,418 | 0,296 |
| $\sigma v_{10}$ | 0,059 | 0,422 | 0,403 | 0,344 |
| $\sigma v$ | 0,050 | 0,584 | 0,393 | 0,233 |
| $\varepsilon$ | 0,113 | 0,032 | 0,160 | 0,140 |
| $n_2$ | 5 | 4 | 8 | 6 |

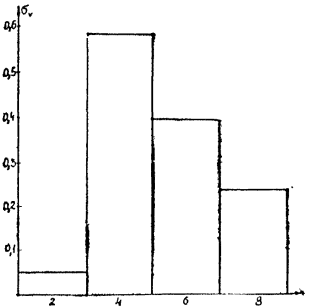


*Рис.3*

Как видно, во всех полосах частот число обработанных отрезков реализации оказалось большим, чем требовалось для достижения точности 0,2 при доверительной вероятности 0,9. На рис. 3 показана гистограмма результатов расчетов. Сопоставлением этого графика с осциллограммой приводит к выводу, что максимум гистограммы в полосе со средней частотой 4 *гц* вызван наличием в анализируемом процессе гармоники с частотой 4,5 *гц*, которая явно просматривается на гистограмме.

Из приведенного примера обработки реализации вибраций на рабочем месте оператора комбайна СК-4, следует, что он может быть успешно применен с использованием ЭВМ для инженерных расчетов типа «Мир», «Наири» и др.

# УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА ПЕРЕСЧЕТА 1/3 ОКТАВНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ ШУМА В АБСОЛЮТНЫЕ ОКТАВНЫЕ

Пересчет 1/3 октавного относительного спектра шума в абсолютный октавный спектр осуществляется при помощи метода одновременного суммирования 3-х уровней и метода относительных долей.

Пересчет удобно проводить, используя для записи специальную таблицу (см. таблицу 1), в следующей последовательности:

1. В графе 3 таблицы 1 записываются показания анализатора в 1/3 октавных полосах, т. е. 1/3 октавные относительные уровни шума. Внизу таблицы в строке со значениями $L_c$ и $L_A$ записываются измеренные шумомером общие уровни шума соответственно в дБС и в дБА. Измерение спектра шума производится только в дБС.

2. В каждой октаве из трех 1/3 октавных относительных уровней выбирается наибольший (с учетом знака) уровень $L_{max}$ дБ. (Из относительных уровней со знаком «—» большим является меньший по абсолютной величине).

Наибольший уровень записывается в графе 4 таблицы 1.

3. В каждой октаве определяется разность между наибольшим уровнем и двумя другими 1/3 октавными относительными уровнями ($L_1$ и $L_2$).

Полученные данные ($L_{max} - L_1$ и $L_{max} - L_2$) записываются в графе 5 таблицы 1.

4. По таблице одновременного суммирования 3-х уровней (таблица 2) в соответствии со значениями разницы $L_{max} - L_1$ и $L_{max} - L_2$ определяются пооктавно добавки $\Delta L$ дБ, значения которых записываются в графу 6 таблицы 1.

5. В каждой октаве суммированием $L_{max}$ и добавки $\Delta L$, определяется октавный относительный уровень шума в дБ, который записывается в графу 7 таблицы 1.

6. Полученный октавный относительный спектр пересчитывается в абсолютный методом относительных долей.

В таблице относительных долей (таблица 3) в соответствии с величиной относительного октавного уровня шума в дБ, находится величина отношения интенсивностей $\frac{I}{I_0}$, причем, если относительный уровень в дБ меньше 0, значения $\frac{I}{I_0}$ меньше *1* и определяются в столбце 1 таблицы 3 напротив значений среднего столбца (—дБ); если же относительный уровень в дБ больше 0, значения $\frac{I}{I_0}$ больше *1* и определяются в столбце 3 напротив значений среднего столбца (+дБ).

Если относительные уровни в каких-либо из октавных полос меньше 10 дБ, то эти уровни в расчете можно не учитывать. Значения $\frac{I}{I_0}$, записываются в графе 8 таблицы 1.

7. Полученные значения отношений интенсивностей $\frac{I}{I_0}$ суммируются и по величине $\sum \frac{I}{I_0}$ в таблице 3 определяется добавка $\Delta L_0$. Значения $\sum \frac{I}{I_0}$ и $\Delta L_0$

записываются против соответствующих обозначений внизу таблицы 1.

8. Вычитанием из измеренного шумомером общего уровня шума в дБС добавки $\Delta L_0$ получается абсолютный уровень шума $L_0$ дБ, соответствующий относительному уровню ОдБ, т. е.

$$L_0 = L_c - \Delta L_0, \text{ дБ}.$$

Величина $L_0$ дБ записывается против соответствующего обозначения внизу таблицы 1.

9. Пооктавно складывая значения $L_0$ дБ и относительные октавные уровни шума (с учетом знака), получаем абсолютный октавный спектр шума, который записывается в графе 9 таблицы 1.

10. Графы 10 и 11 в таблице 1 предназначены для записи значений допустимого предельного спектра и величин превышения измеренного спектра над допустимым в дБ.

В качестве примера приводится пересчет шума трактора МТЗ-52.

*Таблица 1*

## СПЕКТР ШУМА

| Среднегеометрические частоты в полосах спектра, *гц* | | Относительные уровни шума в 1/3 октавных полосах (дБ) | Максимальный уровень шума в октавной полосе (дБ) | Разность по октавно между максимальным уровнем и двумя другими (дБ) | Добавка к максимальному уровню в октаве (дБ) | Относительный октавный спектр шума (дБ) | Отношение $\frac{I}{I_0}$ в октавах | Октавный абсолютный спектр шума (дБ) | Уровни по санитарным нормам | Превышение над нормами (дБ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Октава | 1/3 октавы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 64 | 50 | —12 | | 6 | 3 | —3 | 0,5 | 103 | 99 | 7 |
| | 64 | —8 | | 2 | | | | | | |
| | 80 | —6 | —6 | | | | | | | |
| 125 | 100 | —6 | —6 | | 3 | —3 | 0,5 | 103 | 92 | 11 |
| | 125 | —9 | | 3 | | | | | | |
| | 160 | —11 | | 5 | | | | | | |
| 250 | 200 | —12 | —12 | | 4 | —8 | 0,16 | 98 | 86 | 12 |
| | 250 | —15 | | 3 | | | | | | |
| | 320 | —12 | | 0 | | | | | | |
| 500 | 400 | —10 | —10 | | 3 | —7 | 0,2 | 99 | 83 | 16 |
| | 500 | —14 | | 4 | | | | | | |
| | 640 | —13 | | 3 | | | | | | |
| 1000 | 800 | —12 | —12 | | 3 | —9 | 0,13 | 97 | 80 | 17 |
| | 1000 | —16 | | 4 | | | | | | |
| | 1250 | —14 | | 2 | | | | | | |

*Продолжение табл. 1*

| Среднегеометрические частоты в полосах спектра, *гц* | | Относительные уровни шума в 1/3 октавных полосах (дБ) | Максимальный уровень шума в октавной полосе (дБ) | Разность пооктавно между максимальным уровнем и двумя другими (дБ) | Добавка к максимальному уровню в октаве (дБ) | Относительный октавный спектр шума (дБ) | Отношение интенсивностей в октавах $\frac{I}{I_0}$ | Октавный абсолютный спектр шума (дБ) | Уровни по санитарным нормам | Превышение над нормами (дБ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Октава | 1/3 октавы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2000 | 1600 | —11 | | 3 | 2 | —6 | 0,25 | 100 | 78 | **22** |
| | 2000 | —8 | —8 | | | | | | | |
| | 2500 | —16 | | 8 | | | | | | |
| 4000 | 3200 | —20 | —20 | | 2 | —18 | — | 88 | 76 | **12** |
| | 4000 | —25 | | 5 | | | | | | |
| | 5000 | —30 | | 10 | | | | | | |
| 8000 | 6400 | —30 | | 0 | 5 | —25 | — | 81 | 74 | 7 |
| | 8000 | —30 | —30 | | | | | | | |
| | 10000 | —30 | | 0 | | | | | | |
| | $L_A =$ | | | $L_c = 108$ дБ | | $\Sigma\frac{I}{I_0} = 1{,}74$ | | $\Delta L_0 = 2$ дБ | | |
| | $L_c = L_c - \Delta L_0 = 106$ дБ | | | | | | | | | |

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ

для пересчета 1/3 октавных относительных спектров шума в абсолютные октавные

*Таблица 2*

одновременного суммирования 3-х уровней

| $L_{max} - L_1$ | $L_{max} - L_2$ | $\Delta L$ |
|---|---|---|
| 0 | 0—1 | 5 |
| | 2—6 | 4 |
| | ⩾7 | 3 |
| 1 | 1—4 | 4 |
| | ⩾5 | 3 |
| 2 | 2 | 4 |
| | 3—8 | 3 |
| | ⩾9 | 2 |
| 3 | 3—5 | 3 |
| | ⩾6 | 2 |
| 4 | 4 | 3 |
| | ⩾5 | 2 |
| 5 | 5—12 | 2 |
| | ⩾13 | 1 |
| 6 | 6—8 | 2 |
| | ⩾9 | 1 |
| 7 | 7 | 2 |
| | ⩾8 | 1 |
| 8 | ⩾8 | 1 |
| 9 | ⩾9 | 1 |
| 12 | ⩾12 | 1 |
| 14 | ⩾14 | 0 |

*Таблица 3*

относительных долей

| $\frac{I}{I_0}$ | — дБ + | $\frac{I}{I_0}$ |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1,00 | 0 | 1,00 |
| 0,9 | 0,5 | 1,12 |
| 0,8 | 1,0 | 1,26 |
| 0,7 | 1,5 | 1,4 |
| 0,63 | 2,0 | 1,6 |
| 0,5 | 3,0 | 2,0 |
| 0,4 | 4,0 | 2,5 |
| 0,32 | 5,0 | 3,2 |
| 0,25 | 6,0 | 4,0 |
| 0,2 | 7,0 | 5,0 |
| 0,16 | 8,0 | 6,3 |
| 0,13 | 9,0 | 8,0 |
| 0,1 | 10,0 | 10,0 |
| 0,05 | 13,0 | 20,0 |
| 0,03 | 15,0 | 32,0 |
| 0,01 | 20,0 | 100,0 |

## Приложение 3

# СПИСОК

приборов, аппаратов и приспособлений, рекомендуемых для гигиенической оценки сельскохозяйственных машин и орудий

| №№ п/п | Наименование прибора, аппарата, приспособления |
|---|---|

## I. УНИВЕРСАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

1. Аспиратор для отбора проб воздуха
2. Аспираторы металлические или стеклянные по 6—10 литров
3. Реометры
4. Аналитические весы с разновесом
5. Микроскоп биологический
6. Зажимы Мора, Кохера
7. Пинцеты анатомические, хирургические
8. Трубка резиновая
9. Электроплитка
10. Секундомеры
11. Рулетка металлическая
12. Бутыли емкостью 1—3 *л*
13. Колбы мерные на 50, 100, 250, 500 и 1000 *мл*
14. Колбы конические или плоскодонные на 50, 150, 250 *мл*
15. Стаканы химические емкостью 50 и 100 *мл*
16. Груши резиновые
17. Пипетки емкостью 1, 2, 5 и 10 *мл*
18. Штативы для пробирок
19. Паровая баня
20. Удлинитель электрический

## II. ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОЧЕГО МЕСТА

21. Угломеры, рулетки
22. Динамические или тензометрические рукоятки
23. Динамометрические или тензометрические штурвалы

| №№ п/п | Наименование прибора, аппарата, приспособления |
|---|---|

24. Динамометрические или тензометрические педали (изготовляются Ростовским экспериментальным заводом сельхозмашиностроения. Поставляются на МИС централизовано)

## III. ДЛЯ ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

25. Психрометр Асмана (аспирационный)
26. Анемометр ручной чашечный
27. Анемометр ручной крыльчатый
28. Универсальный электротермометр ТЭМП-60
29. Инспекторский актинометр (мастерские Ленинградского НИИ гигиены труда и профзаболеваний)
30. Барометр

## IV. ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ И ШУМА

31. Прибор для измерения низкочастотной вибрации НВА-1 з-д «Виброприбор» г. Таганрог
32. Прибор для измерения шума и вибрации ИШВ-1 з-д «Виброприбор» г. Таганрог
33. Осциллограф Шлейфный Н-700 з-д «Вибратор» г. Кишинев или любой шлейфный осциллограф с автономным питанием)
34. Кабель экранированный многожильный

## V. ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА

35. Патрон для отбора проб воздуха на фильтры АФА-В-18
36. Окулярная сетка
37. Объектив микрометр
38. Предметные стекла
39. Фарфоровые чашки
40. Аналитические фильтры АФА-В-18 или АФА-В-10

## VI. ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВОГО ФАКТОРА

41. Портативный газоанализатор для определения окиси и двуокиси углерода. Конструкции Киевского НИИ гигиены труда и профзаболеваний или Московского НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана или «аппарат Реберга»
42. Прибор для определения окиси углерода экспрессметодом
43. Фотоколориметр ФЭК-М

| №№ п/п | Наименование прибора, аппарата, приспособления |
|---|---|

44. Газоанализатор УГ-2
45. Футбольные камеры
46. Футбольный насос
47. Аллонжи стеклянные
48. Гофрированные трубки стеклянные
49. Поглотители с пористой пластинкой № 2
50. Пластинки стеклянные 12 × 18 *мм*
51. Пипетки Пастера с оттянутым концом
52. Пробирки калориметрические плоскодонные из бесцветного стекла, высотой 120 *мм* с внутренним диаметром 15 *мм*, с меткой на 5—10 *мл*
53. Термометры химические на 100°
54. Склянки реактивные на 50, 100, 250 и 500 *мл*

## VII. ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

55. Объективный люксметр типа Ю-16 или Ю-17

## VIII. ДЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

56. Медицинский термометр
57. Хронорефлексометр
58. Телеэлектрокардиограф
59. Динамометр Розенблата
60. Динамометр ручной
61. Табличные тесты для исследования памяти и внимания (Шульте — Платонова)
62. Тонометр

# ОГЛАВЛЕНИЕ


1. Введение . . . . . 3
2. Общие методические указания к проведению гигиенической оценки конструкции машин и условий труда на них 4
   2.1. Оценка проектов сельскохозяйственных машин 5
   2.2. Организация и проведение исследований при государственных и производственных испытаниях машин . . . . . 7
3. Факторы производственной среды и методы их исследования . . . . . 8
   3.1. Рабочее место . . . . . 8
   3.2. Микроклиматические условия . . . . . 12
   3.3. Вибрация и шум . . . . . 16
      3.3.1. Измерения вибрации . . . . . 17
      3.3.2. Измерения шума . . . . . 22
   3.4. Запыленность воздуха . . . . . 25
   3.5. Особенности оценки машин и аппаратов, применяемых для химической защиты растений . . . . 28
   3.6. Определение химических веществ в воздухе . . 31
   3.7. Освещение . . . . . 33
4. Методы физиологических исследований . . . . . 34
   4.1. Основные методы физиологических исследований 36
      4.1.1. Хронометражные наблюдения . . . . . 36
      4.1.2. Измерение частоты пульса . . . . . 41
      4.1.3. Измерение температуры тела и кожи . . 42
      4.1.4. Определение скрытого периода зрительно-моторной реакции . . . . . 43
      4.1.5. Определение выносливости мышц к статическому усилию . . . . . 44
   4.2. Дополнительные методы физиологических исследований . . . . . 45
      4.2.1. Объем оперативной памяти . . . . . 46
      4.2.2. Устойчивость и концентрация внимания . 46
   4.3. Оценка результатов физиологических исследований 47
5. Рекомендации к составлению заключения по гигиенической оценке новых сельскохозяйственных машин и условий труда на них . . . . . 49

Приложение 1 . . . . . 53
Приложение 2 . . . . . 67
Приложение 3 . . . . . 73

Методические указания разработаны в Киевском научно-исследовательском институте гигиены труда и профессиональных заболеваний

gost.e-ecolog.ru