ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.5.3.1— 2022/ ИСО 18646-4:2021

Роботы и робототехнические устройства

РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ

Часть 4

Роботы для поддержки поясницы

(ISO 18646-4:2021, Robotics — Performance criteria and related test methods for service robots — Part 4: Lower-back support robots, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «РСТ») совместно с Федеральным государственным автономным научным учреждением «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 141 «Робототехника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2022 г. № 877-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 18646-4:2021 «Робототехника. Критерии эффективности и связанные с ними методы испытаний сервисных роботов. Часть 4. Роботы для поддержки поясницы» (ISO 18646-4:2021 «Robotics — Performance criteria and related test methods for service robots — Part 4: Lower-back support robots», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5) и для увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе национальных стандартов Российской Федерации.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2021
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Условия испытаний 3
4.1 Общие положения 3
4.2 Условия окружающей среды 3
4.3 Условия эксплуатации 3
5 Метод испытания для определения индекса поддерживающего крутящего момента и уменьшения сдавливания поясничного отдела 3
5.1 Назначение 3
5.2 Значимые характеристики 3
5.3 Испытательная установка 6
5.4 Порядок проведения испытания 9
5.5 Результат испытаний 9
6 Метод испытания для определения коэффициента поддержки 9
6.1 Назначение 9
6.2 Значимые характеристики 9
6.3 Испытательная установка 10
6.4 Порядок проведения испытания 12
6.5 Результат испытаний 14
Приложение А (справочное) Временной диапазон ATI и LCR 15
Приложение В (справочное) Пример вида робота для поддержки поясницы 19
Приложение С (справочное) Пример оформления таблицы результатов испытаний 20
Приложение D (справочное) Пример реализации испытательного устройства 21
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 23
Библиография 24

Введение

Требования стандартов комплекса ГОСТ Р 60 распространяются на роботы и робототехнические устройства. Их целью является повышение интероперабельности роботов и их компонентов, а также снижение затрат на их разработку, производство и обслуживание за счет стандартизации и унификации процессов, интерфейсов, узлов и параметров.

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 представляют собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Стандарты данного комплекса относятся к одной из следующих тематических групп: «Общие положения, основные понятия, термины и определения», «Технические и эксплуатационные характеристики», «Безопасность», «Виды и методы испытаний», «Механические интерфейсы», «Электрические интерфейсы», «Коммуникационные интерфейсы», «Методы моделирования и программирования», «Методы построения траектории движения (навигация)», «Конструктивные элементы». Стандарты любой тематической группы могут относиться как ко всем роботам и робототехническим устройствам, так и к отдельным группам объектов стандартизации — промышленным роботам в целом, промышленным манипуляционным роботам, промышленным транспортным роботам, сервисным роботам в целом, сервисным манипуляционным роботам, сервисным мобильным роботам, а также к морским робототехническим комплексам.

Настоящий стандарт относится к тематической группе «Виды и методы испытаний» и распространяется на сервисные роботы по персональному уходу. Он идентичен международному стандарту ИСО 18646-4, разработанному Техническим комитетом ИСО/ТК 299 «Робототехника».

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ

Часть 4

Роботы для поддержки поясницы

Robots and robotic devices.
Performance criteria and related test methods for service robots. Part 4. Lower-back support robots

Дата введения — 2023—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт описывает виды и методы испытаний роботов для поддержки поясницы.

Настоящий стандарт применяется независимо от назначения и применения роботов для поддержки поясницы и типов приводов (например, электрических, гидравлических, пневматических). Настоящий стандарт не распространяется на медицинские роботы, хотя методы испытаний, указанные в настоящем стандарте, могут быть использованы и для медицинских роботов.

Настоящий стандарт не предназначен для верификации или валидации требований безопасности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 8373, Robots and robotic devices — Vocabulary (Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения)

ISO 13482, Robots and robotic devices — Safety requirements for personal care robots (Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности к роботам для персонального ухода)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 8373, ИСО 13482, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для использования в документах по стандартизации по следующим адресам:

- платформа ИСО для онлайн-просмотра: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.1 **робот** (robot): Программируемый исполнительный механизм, обладающий определенной степенью автономности и способный перемещаться во внешней среде с целью выполнения задач по назначению.

Примечание 1 — В состав робота входят система управления и интерфейс системы управления.

Примечание 2 — Классификация роботов на промышленных роботов или сервисных роботов осуществлена в соответствии с их назначением.

[ИСО 8373:2012, статья 2.6, модифицировано — слова «исполнительный механизм, программируемый по двум или более степеням подвижности» заменены словами «программируемый исполнительный механизм»]

Издание официальное

3.2 **носимый робот** (wearable robot): Робот, который дополняет или увеличивает персональные возможности человека, будучи прикрепленным к нему во время использования.

Примечание 1 — Термин «носимый робот» соответствует термину «робот для оказания физической помощи закрепляемого типа» в ИСО 13482:2014.

3.3 **робот для поддержки поясницы** (lower-back support robot): Носимый робот, предназначенный для снижения нагрузки на поясницу пользователя с помощью поддерживающего усилия или крутящего момента.

3.4 **пользователь** (user): Человек, на котором закреплен носимый робот, непосредственно получающий поддерживающее усилие или крутящий момент от робота.

3.5 **закрепляемый компонент** (restraint part): Компонент носимого робота, предназначенный для закрепления на присоединяемой части тела пользователя для передачи поддерживающего усилия или крутящего момента.

3.6 **поддерживающий крутящий момент** (assistive torque): Крутящий момент, развиваемый носимым роботом для помощи пользователю при выполнении задач по назначению.

3.7 **присоединяемая часть тела** (attached body part): Часть тела пользователя, присоединяемая к закрепляемому компоненту носимого робота.

3.8 **метод ввода** (input method): Интерфейс, позволяющий пользователю управлять поддерживающим усилием или крутящим моментом носимого робота с помощью надлежащего входного воздействия.

3.8.1 **биологический ввод** (biological input): Метод ввода, при котором в качестве входного воздействия используют биологические сигналы, коррелированные с усилием или крутящим моментом, прилагаемым к части тела пользователя, предназначенной для оказания помощи.

Примечание 1 — Биологические сигналы включают биоэлектрические сигналы, такие как миоэлектрические сигналы.

3.8.2 **кинематический ввод** (kinematic input): Метод ввода, при котором в качестве входного воздействия используют движение или пространственное расположение частей тела пользователя, предназначенных для оказания помощи.

Примечание 1 — Биологический ввод и кинематический ввод исключают друг друга.

3.8.3 **командный ввод** (command input): Любой другой метод ввода, отличный от биологического ввода или кинематического ввода.

Примечание 1 — Командный ввод включает использование задающих устройств, дыхательных переключателей или голосового ввода.

Примечание 2 — Командный ввод включает использование биологических сигналов, которые не коррелируют с усилием или крутящим моментом, прилагаемым к части тела пользователя, предназначенной для оказания помощи.

Примечание 3 — Командный ввод включает движение и/или пространственное расположение частей тела пользователя, не предназначенных для оказания помощи.

3.9 **индекс поддерживающего крутящего момента;** ATI (assistive torque index ATI): Мера того, насколько уменьшается выходной крутящий момент пользователя, когда пользователь выполняет определенное движение в течение определенного диапазона времени с помощью робота для поддержки поясницы.

Примечание 1 — Индекс поддерживающего крутящего момента является абсолютной величиной по отношению к среднему крутящему моменту в течение определенного периода времени данного профиля тестового движения. Индекс поддерживающего крутящего момента может быть использован для относительного сравнения роботов.

3.10 **уменьшение компрессии поясницы;** LCR (lumbar compression reduction LCR): Мера того, насколько уменьшается сжимающее усилие поясничных дисков пользователя, когда пользователь выполняет определенное движение в течение определенного диапазона времени с помощью робота для поддержки поясницы.

3.11 **нормальные условия эксплуатации** (normal operating conditions): Диапазон условий окружающей среды и других параметров, которые могут повлиять на работу робота (например, нестабильность электроснабжения, электромагнитные поля), в пределах которого реализуются рабочие характеристики робота, указанные производителем.

Примечание 1 — Условия окружающей среды включают, например, температуру и влажность.

[ИСО 8373:2012, 6.1]

3.12 **коэффициент поддержки** (rate of assistance): Мера уменьшения крутящего момента с помощью робота, поддерживающего поясницу, суммированного за период времени данного профиля тестового движения.

Примечание 1 — Коэффициент поддержки является нормализованной величиной по отношению к суммированному крутящему моменту за период времени данного профиля тестового движения. Коэффициент поддержки может быть использован для относительного сравнения различных профилей тестового движения робота.

4 Условия испытаний

4.1 Общие положения

Робот для поддержки поясницы должен быть полностью собран, настроен и работоспособен. Все тесты самодиагностики должны быть успешно завершены. Кроме того, необходимо обеспечить безопасную работу робота на протяжении всего испытания.

Испытаниям должна предшествовать подготовка к эксплуатации в соответствии с указаниями изготовителя, включая калибровку соответствующих датчиков, влияющих на результаты испытаний.

Все условия, указанные в разделе 4, должны быть выполнены для испытаний, описанных в настоящем стандарте, если в конкретных пунктах не указано другое.

Каждое испытание, определенное в настоящем стандарте, может иметь разные виды испытаний, каждый из которых требует отдельного порядка проведения испытания. Для каждой конфигурации испытания может быть выполнено несколько попыток, если это указано в порядке проведения испытания.

4.2 Условия окружающей среды

Во время всех испытаний должны поддерживаться следующие условия окружающей среды:

- температура окружающей среды: от 10 °С до 30 °С;
- относительная влажность: от 0 % до 80 %.

Если условия окружающей среды, указанные изготовителем, выходят за пределы данных условий, это должно быть заявлено в результатах испытаний.

4.3 Условия эксплуатации

Все рабочие характеристики следует измерять при нормальных условиях эксплуатации. Если рабочие характеристики измерены при других условиях, то это должно быть отмечено в протоколе наряду с результатами испытания.

5 Метод испытания для определения индекса поддерживающего крутящего момента и уменьшения сдавливания поясничного отдела

5.1 Назначение

В данном разделе представлены методы определения и оценки рабочих характеристик роботов для поддержки поясницы.

Примечание — Теоретические основы и экспериментальные проверки приведены в [6], что дает основание сосредоточить внимание только на изгибающих моментах и сжимающих силах. На текущем этапе рынка есть только те продукты, которые предназначены для помощи в сагиттальном движении. Чтобы не усложнять испытательное оборудование и метод испытаний, ограничение метода испытаний считается приемлемым для измерения репрезентативной производительности роботов.

5.2 Значимые характеристики

5.2.1 Общие положения

Для этого метода испытаний вводятся два показателя эффективности: индекс поддерживающего крутящего момента (ATI) и уменьшение сдавливания поясницы (LCR).

Благодаря поддерживающему крутящему моменту робота сила разгибания тазобедренных суставов и/или туловища пользователя будет уменьшена, а затем может быть уменьшена сжимающая сила на его поясничных дисках. В идеале сдавливание поясницы должно быть пропорционально силе разгибания тазобедренного сустава пользователя и положению туловища. Усилие выдвижения может быть уменьшено поддерживающим крутящим моментом робота. Поэтому для робота с такими

характеристиками нет необходимости измерять сдавливание поясницы, поскольку сдавливание поясницы можно определить по поддерживающему крутящему моменту и позе.

Для некоторых роботов, для которых сдавливание поясницы может быть увеличено из-за механической структуры робота, массы и распределения массы над поясничным суставом и/или метода приведения в действие (например, искусственные мышцы на коже спины пользователя), сдавливание поясницы должно измеряться вместе с поддерживающим крутящим моментом.

Примечание — Согласно [1] сила сгибания на поясничных дисках может быть основной причиной травмы спины и, следовательно, часто используется в качестве индекса для оценки риска травмы спины. Исходя из этого вводится LCR в качестве показателя эффективности робота.

5.2.2 Индекс поддерживающего крутящего момента (ATI)

Индекс поддерживающего крутящего момента (ATI) состоит из пяти характерных значений, ATI_{1000}^{Lower}, ATI_{200}^{Lower}, ATI_{1000}^{Hold}, ATI_{1000}^{Raise} и ATI_{200}^{Raise}, которые вычисляют по формуле (1) в интервалах времени t_1 и t_2, указанных в таблице 1. Верхний и нижний индексы ATI указывают на фазу стандартного движения и длительность времени в миллисекундах соответственно.

$$ATI_{t_2-t_1} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} \psi\left(\tau^{ref}(t), \tau(t)\right)dt, \quad (1)$$

где $\psi(\alpha, y) = \begin{cases} \alpha - \beta, \text{ если } \alpha \geq 0 \\ -(\alpha - \beta), \text{ если } \alpha < 0 \end{cases}$;

$\tau^{ref}(t)$ — фактический поддерживающий крутящий момент тазобедренных суставов испытательного устройства (см. 5.3.1) во время стандартных движений без робота;

$\tau(t)$ — фактический выходной крутящий момент тазобедренных суставов испытательного устройства (см. 5.3.1) во время стандартных движений с роботом.

Примечание 1 — Как правило, поддерживающий крутящий момент робота влияет на продолжительность движения и необходимую силу или крутящий момент пользователя. Это является источником нестабильности результатов испытаний. Поэтому в настоящем стандарте принимается среднее значение времени в определенном временном диапазоне во время стандартных движений.

Примечание 2 — Поскольку стандартные движения, определенные в 5.3.2, являются антигравитационными движениями, $\tau^{ref}(t)$, как ожидается, всегда отрицательно, и соотношение $\psi(\alpha, \beta) = -(\alpha - \beta)$ всегда применимо. Однако этот стандарт определяет ψ в более общем виде; чтобы сделать ψ положительным, когда это необходимо, поддерживающий крутящий момент для стандартного движения робота должен находиться в одном и том же направлении (см. приложение А).

Примечание 3 — Когда ψ положителен, крутящий момент робота в антигравитационном направлении (подъем) может уменьшить необходимый крутящий момент пользователя для достижения стандартных движений. Или, в некоторых случаях, пользователь должен вывести крутящий момент в направлении силы тяжести (сгибание), чтобы противостоять крутящему моменту робота. Когда ψ отрицательно, крутящий момент робота в направлении силы тяжести (сгибание) может увеличить необходимый крутящий момент пользователя для достижения стандартных движений (см. приложение А).

5.2.3 Уменьшение сдавливания поясницы (LCR)

Уменьшение сдавливания поясницы (LCR) состоит из пяти характерных значений, LCR_{1000}^{Lower}, LCR_{200}^{Lower}, LCR_{1000}^{Hold}, LCR_{1000}^{Raise} и LCR_{200}^{Raise}, которые вычисляют по формуле (2) в интервалах времени t_1 и t_2, указанных в таблице 1. Верхний и нижний индексы LCR указывают на стадию стандартного движения и длительность времени в миллисекундах соответственно.

$$LCR_{t_2-t_1} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} \psi\left(F^{ref}(t), F(t)\right)dt, \quad (2)$$

где

$$\psi(\alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha - \beta, \text{ если } \alpha \geq 0, \\ -(\alpha - \beta), \text{ если } \alpha < 0 \end{cases}$$

$$F^{ref}(t) = \phi(M_y^{ref}(t) + F_z^{ref}(t),$$

$$F(t) = \phi\left(M_y(t)\right) + F_z(t),$$

$$\phi(\gamma) = \begin{cases} \gamma / 0{,}05, \text{ если } \gamma \geq 0, \\ -\gamma / 0{,}1, \text{ если } \gamma < 0 \end{cases}$$

$F_z^{ref}(t)$ — сила сгибания поясницы испытательного устройства в направлении оси z во время стандартных движений (без робота);

$F_z(t)$ — сила сгибания поясницы испытательного устройства в направлении оси z во время стандартных движений (с роботом);

$M_y^{ref}(t)$ — фактический поясничный сгибающий момент испытательного устройства вокруг оси y во время стандартных движений (без робота);

$M_y(t)$ — фактический поясничный сгибающий момент испытательного устройства вокруг оси y во время стандартных движений (с роботом).

Оси системы координат показаны на рисунке 1.

Примечание 1 — Как правило, поддерживающий крутящий момент робота влияет на продолжительность движения и сгибающую силу на поясничных дисках пользователя. Это является источником нестабильности результатов испытаний. Поэтому в настоящем стандарте принимается среднее значение времени в определенном временном диапазоне во время стандартных движений.

Примечание 2 — Человек напрягает свои мышцы, чтобы противостоять изменению позы поясничным сгибающим моментом вокруг оси y. Это напряжение мышц известно как источник сгибающей силы на поясничных дисках. С другой стороны, испытательное устройство не имеет мышц, и механическая структура спины не позволяет менять позу в отличие от позвоночника. Поэтому в уравнении для LCR используют корректирующую силу сгибания поясницы $F(t)$ и $F^{ref}(t)$, предполагая, что $M_y(t)$ и $M_y^{ref}(t)$ поддерживаются виртуальными мышцами, выпрямляющими позвоночник, и виртуальными мышцами прямой мышцы живота. Этот стандарт принимает плечо момента 0,05 м от поясничного диска L5/S1 к виртуальным мышцам спины, выпрямляющим позвоночник, и плечо момента 0,1 м к виртуальным мышцам прямых мышц живота [4], [5].

Примечание 3 — Во время стандартного движения ожидается, что масса верхней части тела испытательного устройства всегда будет сгибать фиксированный поясничный сустав и $\psi(\alpha, \beta) = \alpha - \beta$ всегда применимо. Однако этот стандарт определяет ψ в более общей форме, чтобы быть применимым к растягивающим силам и быть согласованным с уравнением ATI.

Примечание 4 — При положительном значении ψ ожидается, что поясничное напряжение пользователя будет уменьшено во время стандартного движения. Когда ψ отрицательно, ожидается, что поясничное напряжение пользователя будет увеличено во время стандартного движения.

Таблица 1 — Временной диапазон для расчета ATI и LCR

ATI[b]	LCR[b]	Стандартные движения	t_1[a, c]	t_2[a, c]
ATI_{1000}^{Lower}	LCR_{1000}^{Lower}	Опускание	$t_d - 1^c$	$t_d{}^c$
ATI_{200}^{Lower}	LCR_{200}^{Lower}	Опускание	$t_d - 0{,}2^c$	$t_d{}^c$
ATI_{1000}^{Hold}	LCR_{1000}^{Hold}	Удержание	$\frac{t_d}{2} - 0{,}5$	$\frac{t_d}{2} + 0{,}5$
ATI_{1000}^{Raise}	LCR_{1000}^{Raise}	Подъем	0	1
ATI_{200}^{Raise}	LCR_{200}^{Raise}	Подъем	0	0,2

[a] t_1 и t_2 определяют временной диапазон, когда необходимый крутящий момент пользователя и поясничное напряжение являются наибольшими, предполагая, что время начала каждого стандартного движения равно 0 (см. приложение А). Поскольку угловые траектории стандартного движения монотонно увеличиваются или уменьшаются, ATI и LCR можно рассматривать как среднее значение в пределах определенного диапазона углов. Однако, поскольку 1) поддерживающий крутящий момент может создавать различные угловые траектории, 2) трудно определить соответствующие диапазоны углов туловища, тазобедренного сустава и коленного сустава одновременно и 3) количество точек данных для расчета среднего значения может варьироваться, этот стандарт принимает среднее время для определения ATI и LCR.

Окончание таблицы 1

[b] ATI и LCR со средним значением 1 с (ATI_{1000}^{Lower}, ATI_{1000}^{Hold}, ATI_{1000}^{Raise}, LCR_{1000}^{Lower}, LCR_{1000}^{Hold} и LCR_{1000}^{Raise}) также могут рассматриваться как показатель того, может ли робот выводить поддерживающий крутящий момент и непрерывно уменьшать поясничное напряжение. С другой стороны, ATI и LCR со средним значением 0,2 с (ATI_{200}^{Lower}, ATI_{200}^{Raise}, LCR_{200}^{Lower} и LCR_{200}^{Raise}) могут быть показателем того, насколько робот может уменьшить пик необходимого поддерживающего крутящего момента и сжимающую силу на поясничных дисках соответственно (см. приложение А). Это связано с тем, что они ориентированы только на короткий временной диапазон. Этот стандарт принимает время реакции 0,2 с для человека, чтобы отразить реакцию на внезапную нагрузку на поясничный отдел спинного мозга [3], [9].

[c] t_d — фактическая продолжительность стандартного движения.

5.3 Испытательная установка

5.3.1 Испытательное устройство

В состав испытательной установки должно входить испытательное устройство, состоящее из звеньев, связанных между собой шарнирами с приводами, моделирующее пользователя, на котором закрепляется и испытывается робот. Робот не входит в состав испытательной установки. Соотношение размеров и распределение массы испытательного устройства должны соответствовать рисунку 1. На данном рисунке рост и масса типичного пользователя, установленные изготовителем, приняты за 100 %. Изготовитель может задать и другие значения параметров, не показанные на рисунке 1. Если изготовитель задает другие значения соотношения роста и массы, то они могут быть применены.

Сдавливающую силу, направленную по поясничной оси z, и изгибающий момент вокруг поясничной оси *y* измеряют при фиксированном поясничном шарнире, как показано на рисунке 1. Фиксированный поясничный шарнир нагружается по меньшей мере весом верхних частей испытательного устройства.

Только тазобедренные и коленные шарниры являются активными. Если вместо испытательного устройства с заменяющими грузами в плечевых шарнирах используется испытательное устройство с руками и кистями, то руки испытательного устройства должны быть направлены вниз в любом положении, и каждый узел руки и кисти должен иметь 7,4 % массы типичного пользователя.

Плотность каждого блока испытательного устройства можно считать постоянной.

Пример реализации испытательного оборудования показан в приложении D.

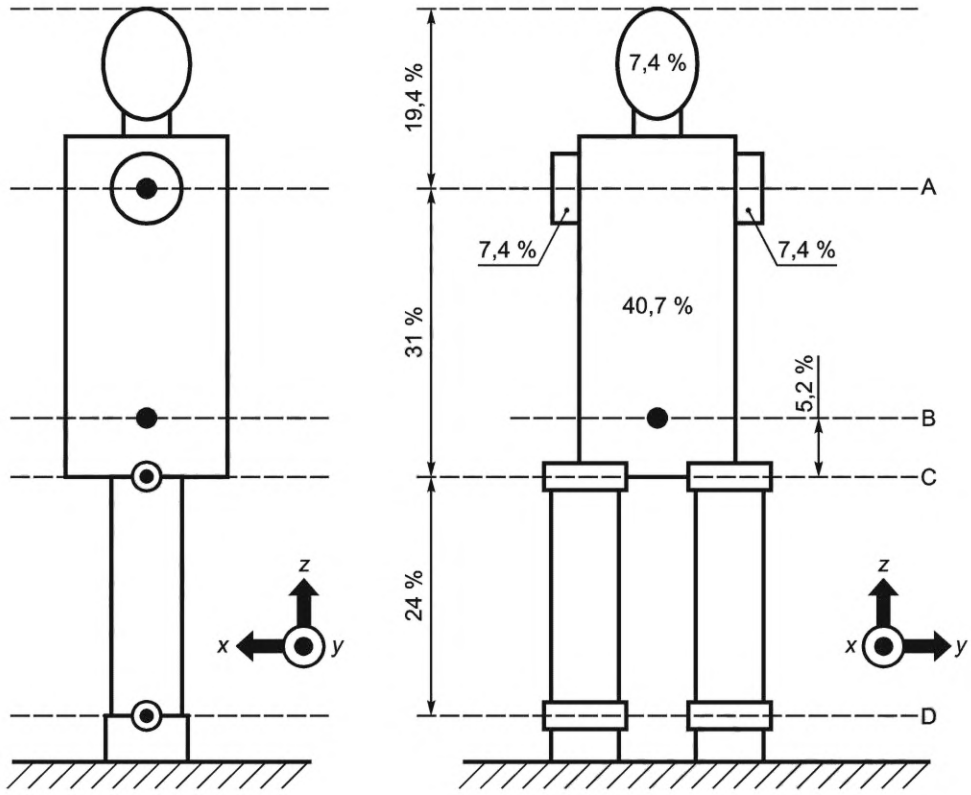
5.3.2 Стандартное движение и заданная траектория

В данном испытании испытательное устройство выполняет стандартные движения, имитирующие опускание, удержание и подъем верхней части тела. Эти стандартные движения представлены заданным углом наклона туловища θ_t^{target}, соотношением распределения между тазобедренным и коленным шарнирами *k* и заданной продолжительностью t_d, значения которых должны быть предоставлены изготовителем.

Заданная траектория угла туловища $\theta_t(t)$ задается следующим полиномом пятой степени от времени.

Угол наклона туловища $\theta_t(t) = \sum_{n=0}^{5} a_n t^n$, $t = [0, t_d]$ при $t = 0$ в качестве начального времени каждого стандартного движения и $\theta_t(t) = 0$ в вертикальном положении.

a_n для каждого стандартного движения рассчитывают с начальным углом $\theta_t(0)$, конечным углом $\theta_t(t_d)$ и условиями ограничения, где $\dot{\theta}_t(0) = 0$, $\dot{\theta}_t(t_d) = 0$, $\ddot{\theta}(0) = 0$ и $\ddot{\theta}(t_d) = 0$. В идеале $\theta_t(0) = 0$ и $\theta_t(t_d) = \theta_t^{target}$ для опускания. Всегда $\theta_t(t) = \theta_t^{target}$ для удержания. $\theta_t(0) = \theta_t^{target}$ и $\theta_t(t_d) = 0$ для подъема. Заданные траектории показаны на рисунке 2.



a) Вид сбоку b) Вид спереди

A — плечевой шарнир (фиксированный); B — поясничный шарнир (фиксированный); C — тазобедренный шарнир (активный); D — коленный шарнир (активный)

Примечание 1 — Соотношение размеров указано на двунаправленных стрелках. Оно основано на литературе [2] и указывает, что расстояние между тазобедренным шарниром и позвоночным диском L5/S1 составляет приблизительно 83/1610 (5,2 %) от высоты тела. Поэтому фиксированный поясничный шарнир расположен в верхней части корпуса испытательного устройства. Данные из ссылки [2] были получены путем измерения образца скелета взрослого европейца из коллекции Токийского университета (номер образца: Р6). Это не среднее значение для конкретной популяции, а используется в качестве репрезентативного значения.

Примечание 2 — Предполагая, что руки и кисти в любой позе направлены вниз, массы сосредоточены в плечевых шарнирах.

Примечание 3 — Распределение массы указано в области сегмента тела или однонаправленной стрелкой. Эти данные соответствуют МЭК 60601-1:2012, рисунок А.19.

Рисунок 1 — Соотношение размеров и распределение массы испытательного устройства

Угол тазобедренного шарнира $\theta_h(t)$ и угол коленного шарнира $\theta_k(t)$ задаются следующим образом:

Угол тазобедренного шарнира $\theta_h(t) = k\theta_t(t)$.

Угол коленного шарнира $\theta_k(t) = (1 - k)\,\theta_t(t)$.

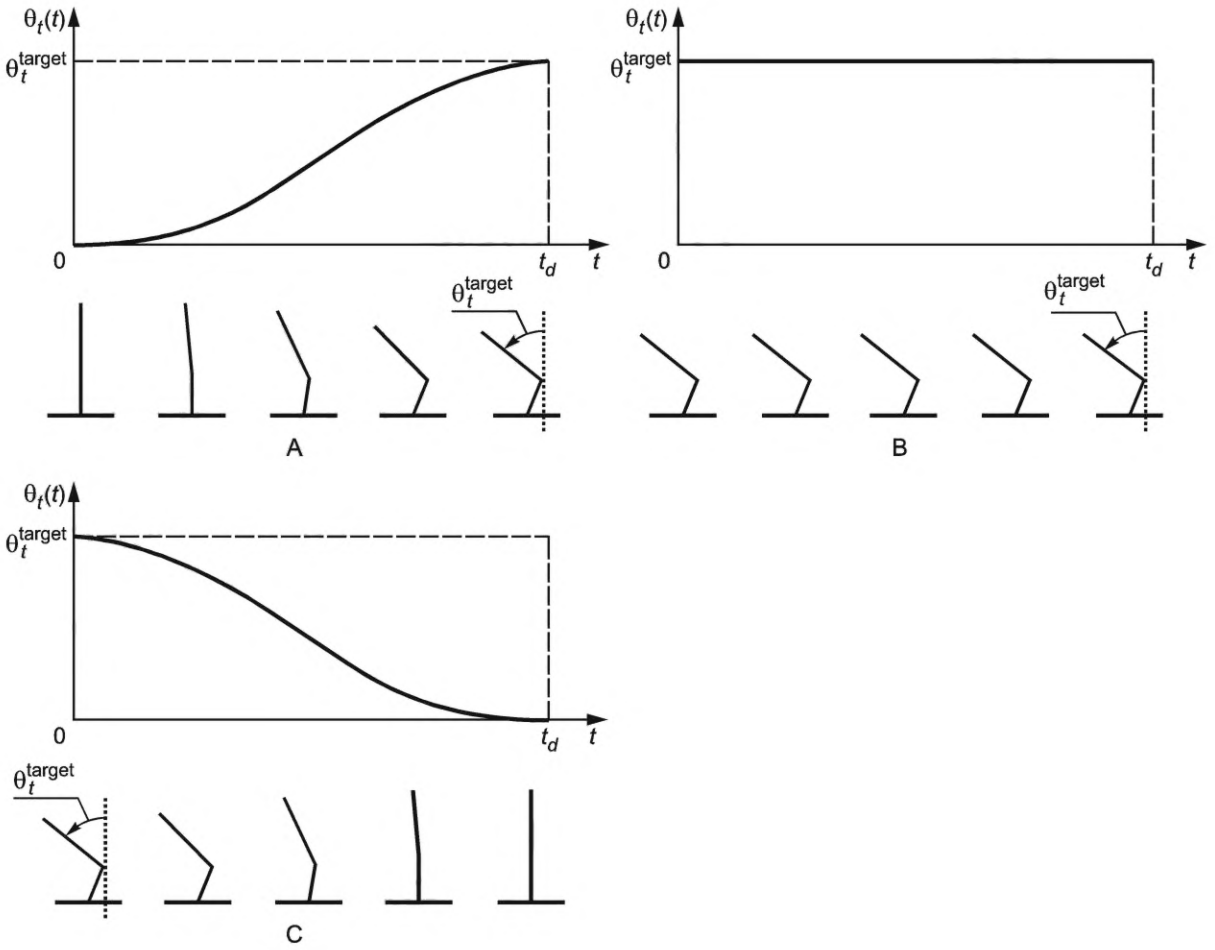
Примечание 1 — Эти уравнения используют соотношение, где $\theta_t(t) = \theta_t(t) + \theta_k(t)$.

Примечание 2 — Угол туловища $\theta_t(t)$ определяется как пятый полином времени, потому что фактические траектории каждого угла, когда люди опускают, удерживают и поднимают груз, почти согласуются с пятым полиномом времени.

Примечание 3 — Если θ_t^{target} составляет 50°, как показано в таблице 2, k может быть 1,5, потому что значение k, фактически полученное из измерения движения человека, варьируется от 1,3 до 1,7 в зависимости от каждого человека и веса каждого груза. t_d может быть 2 с.

Примечание 4 — Как правило, сохранение небольшого угла в шарнире туловища предпочтительно для уменьшения поясничного напряжения во время опускания, удержания и подъема. В этом случае k может быть больше 1,5, а t_d для опускания и подъема может быть менее 2 с. Например, если θ_t^{target} равен 25°, то значение k, фактически полученное при измерении движения человека, составляет примерно 3,0, а t_d для опускания и подъема — 1,5 с.

В таблице 2 приведен пример стандартных движений.



A — заданная траектория опускания; B — заданная траектория удержания; C — заданная траектория подъема

Рисунок 2 — Заданные траектории для стандартных движений

Таблица 2 — Пример стандартных движений (θ_t^{target} = 50°, k = 1,5 и t_d = 2 с)

Стандартные движения	Углы наклона туловища $\theta_t(t)$[a], °	Продолжительность t_d, с
Опускание	От 0 до 50	2
Удержание	50	2
Подъем	От 50 до 0	2

[a] Как правило, положение туловища под углом 50° нежелательно, так как нагрузка на поясничные диски велика. Это может произойти при подъеме груза с уровня земли или при подъеме других людей. Таким образом, положение туловища под углом 50° — это ситуация, когда пользователю может понадобиться поддерживающий крутящий момент робота. Это является причиной для оценки того, сколько помощи получает робот от пользователя и насколько робот снижает сгибающую силу в поясничных дисках.

Контроллер испытательного устройства должен управлять траекториями во время стандартных движений с погрешностями в пределах ±5 с роботом и без него. Фактическая длительность каждого стандартного движения может отличаться от заданной длительности t_d для опускания и подъема.

Для робота с биологическим вводом фактический крутящий момент тазобедренных шарниров испытательного устройства должен подаваться роботу в качестве входного сигнала.

Для робота с кинематическим вводом не требуется никакого дополнительного соединения между роботом и испытательной установкой.

Для робота с командным вводом управление им осуществляется в соответствии с руководством пользователя во время стандартных движений и/или интервала между ними.

Если фильтр нижних частот применяется для получения данных от испытательного устройства для расчета ATI и LCR, то его частота среза должна составлять не менее 10 Гц.

5.4 Порядок проведения испытания

a) Стандартные движения, параметры θ_t^{target}, k и t_d и, при необходимости, дополнительная нагрузка указываются изготовителем.

b) Испытательное устройство выполняет три повторения стандартных движений без робота в следующем порядке: опускание, удержание и подъем.

c) Закрепляют робота на испытательном устройстве в соответствии с руководством пользователя.

d) Удерживают испытательное устройство в вертикальном положении.

e) Начинают выполнение роботом помогающих действий в соответствии с руководством пользователя.

f) Испытательное устройство выполняет три повторения стандартных движений с роботом в следующем порядке: опускание, удержание и подъем.

g) Завершают выполнение роботом помогающих действий в соответствии с руководством пользователя.

h) Отсоединяют робота от испытательного устройства в соответствии с руководством пользователя.

5.5 Результат испытаний

Рассчитанные ATI и LCR должны быть заявлены в протоколе испытаний вместе со следующими параметрами, которые характеризуют испытательное устройство и стандартные движения, используемые при испытании:

- рост и масса типичного пользователя, использованные для создания испытательного устройства;
- значения θ_t^{target}, k и t_d, использованные при определении стандартных движений;
- частота снятия отсчетов при измерениях.

Примерная таблица результатов испытаний приведена в приложении С.

6 Метод испытания для определения коэффициента поддержки

6.1 Назначение

В данном разделе установлен метод определения и оценки рабочих характеристик роботов для поддержки поясницы; в данном испытании измеряют степень поддержки поясницы или помощи робота путем сравнения крутящего момента в тазобедренном суставе манекена до и после закрепления на нем робота.

6.2 Значимые характеристики

Количественное значение поддержки поясницы или помощи робота может быть определено как коэффициент поддержки R_a, %, следующим образом:

$$R_a = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \tau_h^{ref}(t)\,dt - \int_{t_1}^{t_2} \tau_h(t)\,dt}{\int_{t_1}^{t_2} \tau_h^{ref}(t)\,dt} \cdot 100,$$

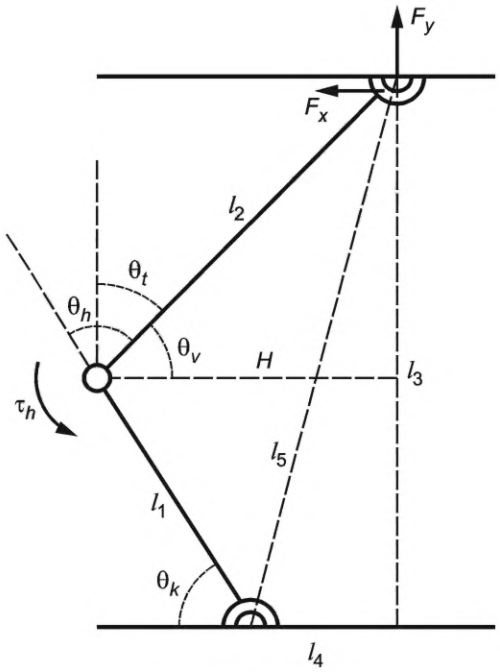
где τ_h^{ref} — стандартный крутящий момент бедра, измеренный во время заданного движения без робота;

τ_h — крутящий момент бедра, измеренный во время заданного движения с использованием робота;

t_1 — начальное время заданного движения;

t_2 — конечное время заданного движения.

Крутящий момент тазобедренного сустава τ_h можно вычислить следующим образом, используя обобщенную геометрию манекена на рисунке 3.



$$l_5 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos(\pi - \theta_h)};$$

$$l_3 = \sqrt{l_5^2 + l_4^2};$$

$$\theta_k = \pi - \left(\cos^{-1}\left(\frac{l_1^2 + l_5^2 - l_2}{2l_1 l_5} \right) + \cos^{-1}\left(\frac{l_4^2 + l_5^2 - l_3}{2l_4 l_5} \right) \right);$$

$$\theta_v = \pi - \theta_k - \theta_k;$$

$$\tau_h = F_x l_2 \sin(\theta_v) + F_y l_2 \sin(\theta_v).$$

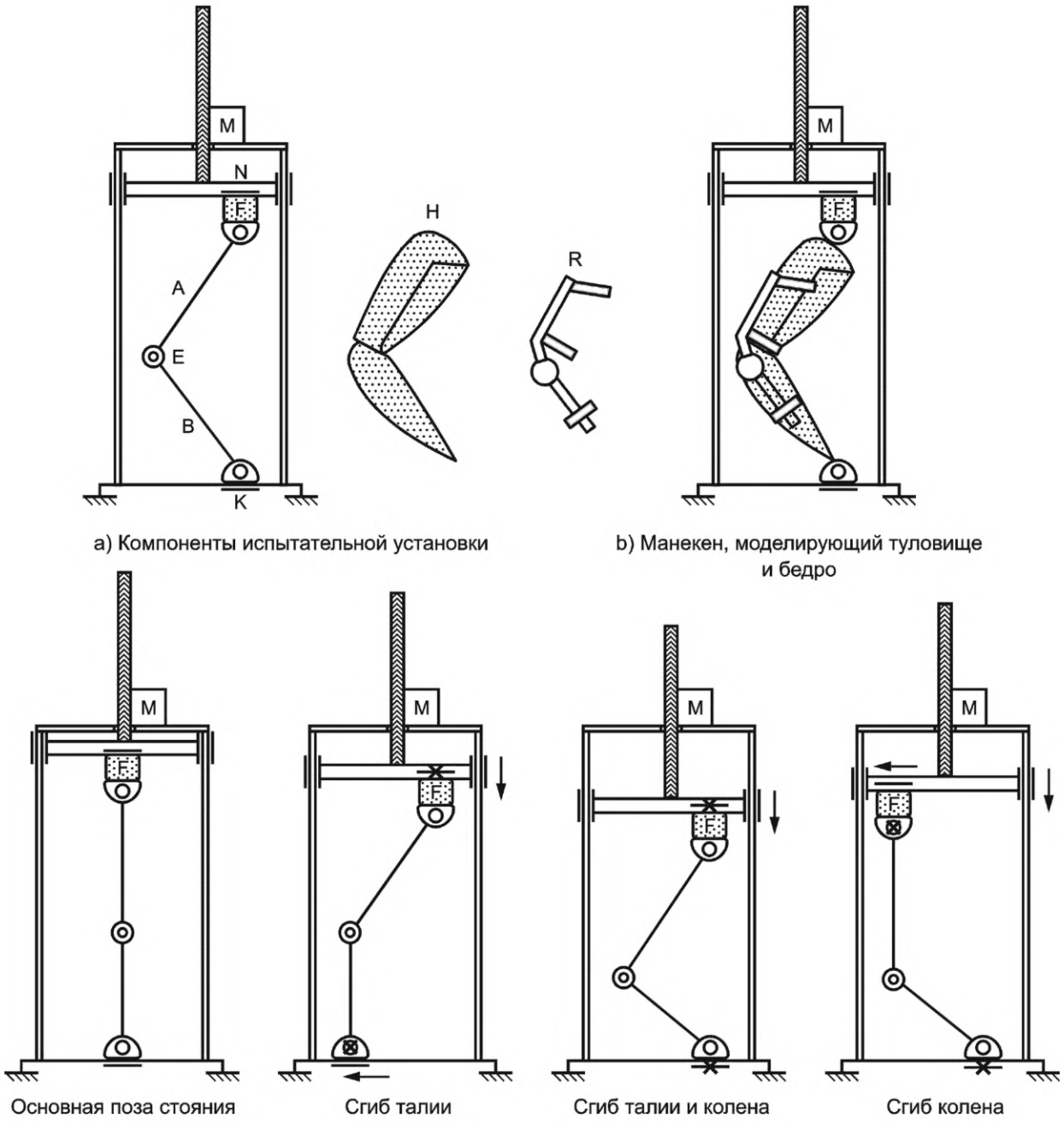
Рисунок 3 — Геометрия манекена для расчета крутящего момента

6.3 Испытательная установка

В состав испытательной установки должно входить испытательное устройство, представляющее собой манекен, на котором может быть закреплен робот для поддержки поясницы, как показано на рисунках 4 a) и 4 b). Манекен состоит из туловища и бедра. Туловище и бедро должны быть покрыты композитным материалом, имитирующим форму человеческого тела. Распределение массы туловища устанавливается равным 55,5 % от общей массы типичного пользователя, которая определяется изготовителем в соответствии с рисунком 1.

Положение шеи и коленного сустава манекена можно изменять вручную, перемещая ползунок, чтобы манекен мог принять несколько поз, таких как стояние прямо, сгиб талии (поза наклона вперед), сгиб талии и колена (полуприсед), сгиб колена (присед), как показано на рисунке 4 c). Когда заданная испытательная поза установлена, положение шеи и/или коленного сустава может быть зафиксировано в ползунке для поддержания заданной позы.

Регулирующая пластина или ползунок головки, с которым головка манекена соединена через датчик нагрузки, может перемещаться вверх и вниз по шариковому винту, управляя двигателем таким образом, чтобы он мог осуществлять движения, показанные на рисунке 4. Профиль скорости регулирующей пластины для реализации конкретного испытательного положения (движения) может быть определен изготовителем или стандартными движениями в 5.3.2. На рисунке 5 показан профиль скорости образца, используемого для опускания туловища в полуприседе.

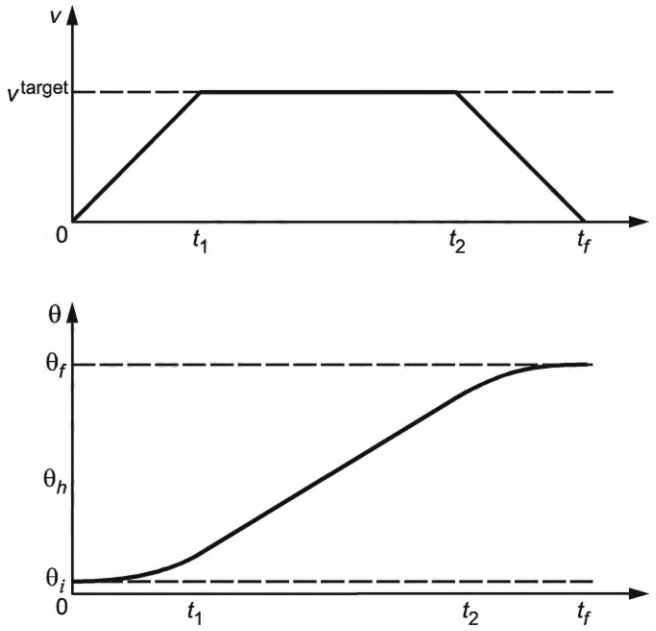


A — туловище; B — бедро; E — тазобедренный сустав с кодовым датчиком; F — динамометрический датчик; H — манекен, изготовленный по форме частей тела человека; K — ползунок колена; M — двигатель; N — шейный ползунок; R — робот для поддержки поясницы; × — фиксированный ползунок или шарнир

Рисунок 4 — Принципиальная схема испытательного устройства

Датчик нагрузки, установленный между шейным суставом и ползунком шейного сустава, измеряет силу в направлении *x* и *y*, когда манекен опускает или поднимает туловище. На тазобедренном суставе установлен угловой энкодер для измерения угла поворота тазобедренного сустава.

Пример реализации испытательного оборудования показан в приложении D.



$$v = \begin{cases} v^{\text{target}} \dfrac{t}{t_1}, & (0 \le t < t_1) \\ v^{\text{target}}, & (t_1 \le t < t_2) \\ v^{\text{target}} \dfrac{t_f - t}{t_f - t_2}, & (t_2 \le t \le t_f) \end{cases}$$

$$v = \frac{2(\theta_f - \theta_i)}{t_f + t_2 - t_1}$$

θ_i — первоначальное положение; θ_f — конечное положение; t_f — конечное время; θ_h — положение бедра (определено на рисунке 3)

Рисунок 5 — Профиль скорости образца, используемого для опускания туловища в полуприседе

6.4 Порядок проведения испытания

1) Выбирают нужное испытательное движение исходя из следующих четырех начальных пространственных расположений:

a) стояние;

b) сгиб талии (поза наклона вперед);

c) сгиб талии и колена (полуприсед);

d) сгиб колена (присед).

2) Фиксируют положение шеи и/или коленного сустава вдоль ползунка, как показано на рисунках 6—8, в зависимости от вида испытательного движения. Необходимо отметить, что на данных рисунках «×» обозначает зафиксированный сустав, а «—» — пассивный скользящий сустав. Затем устанавливают начальный угол сгиба бедра и колена, контролируя вертикальное положение регулирующей пластины в соответствии с выбранным стандартным перемещением.

3) Рассчитывают эталонный профиль скорости управляющей пластины в зависимости от вида испытательного движения.

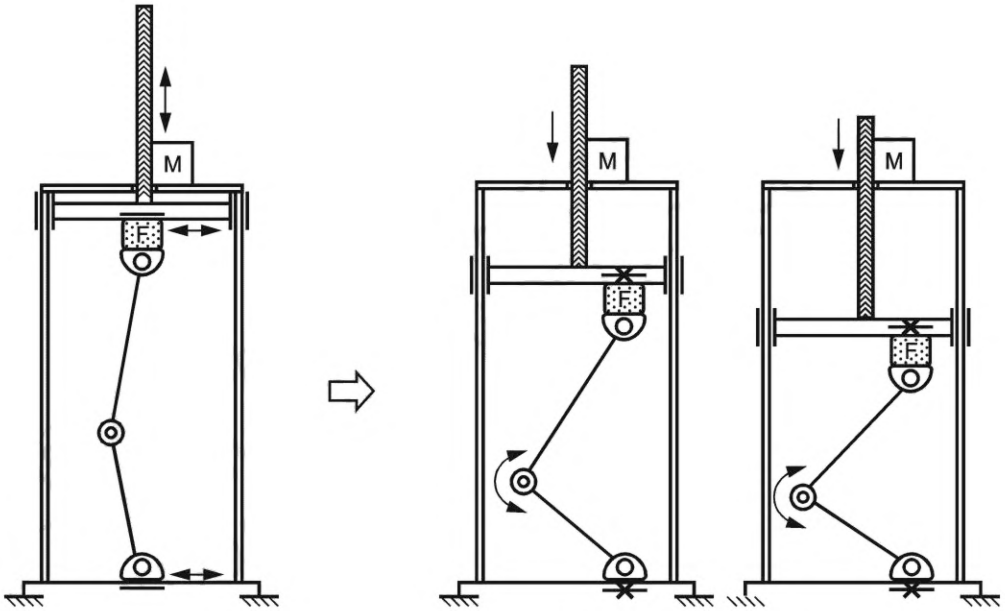
4) Необходимо обеспечить подъем и опускание манекена в соответствии с эталонным профилем скорости, управляя двигателем управляющей пластины в соответствии со следующими последовательностями действий:

a) сгиб талии и колена (полуприсед):

i) вертикальная стойка (начальная поза);

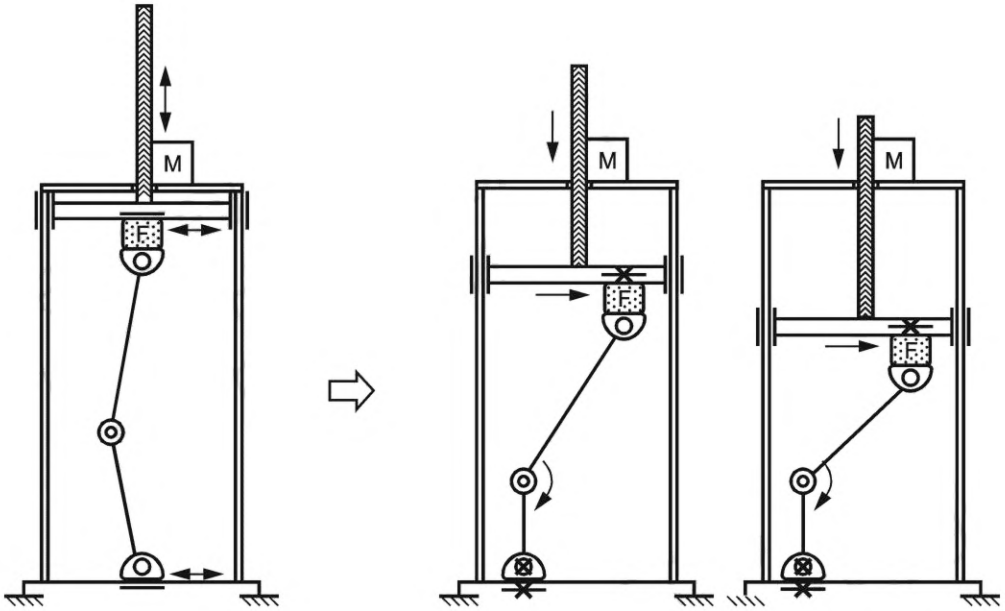
ii) приседание за счет сгибания коленного и тазобедренного суставов в течение 2 с;

iii) поддержание сидячей позы в течение 2 с;



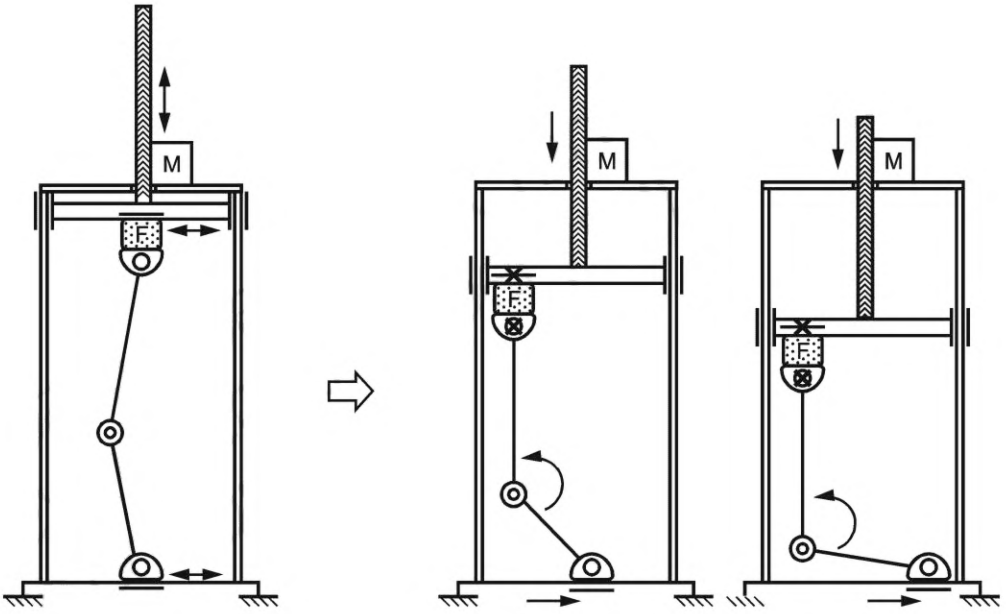
F — датчик нагрузки; M — двигатель; × — зафиксированный ползунок или шарнир

Рисунок 6 — Сгибание талии и колена



F — датчик нагрузки; M — двигатель; × — зафиксированный ползунок или шарнир

Рисунок 7 — Сгибание талии



F — датчик нагрузки; M — двигатель; × — зафиксированный ползунок или шарнир

Рисунок 8 — Сгибание колена

iv) вставание за счет разгибания коленного и тазобедренного суставов в течение 2 с;
v) вертикальная стойка (конечная поза);

b) сгиб талии (поза наклона вперед):
i) вертикальная стойка (начальная поза);
ii) наклон туловища за счет сгибания тазобедренного сустава в течение 2 с;
iii) поддержание позы наклона туловища в течение 2 с;
iv) распрямление за счет разгибания тазобедренного сустава в течение 2 с;
v) вертикальная стойка (конечная поза);

c) сгиб колена (присед):
i) вертикальная стойка (начальная поза);
ii) приседание за счет сгибания коленного сустава в течение 2 с;
iii) поддержание сидячей позы в течение 2 с;
iv) вставание за счет разгибания коленного сустава в течение 2 с;
v) вертикальная стойка (конечная поза).

5) Вычисляют крутящий момент в тазобедренном суставе во время эталонного движения, используя уравнения на рисунке 3, и регистрируют его как стандартный крутящий момент бедра τ_h^{ref}.

6) Закрепляют робота на манекене, повторяют действия в соответствии с 4) и регистрируют вычисленный крутящий момент бедра как τ_h.

7) Снимают робота с манекена.

8) Вычисляют коэффициент поддержки с помощью формулы (1).

9) Повторяют действия 4) — 8) три раза.

10) Вычисляют среднее значение коэффициента поддержки.

6.5 Результат испытаний

Среднее значение коэффициента поддержки должно быть указано в протоколе испытания наряду со всеми параметрами, характеризующими манекен, и эталонным движением, использованным при испытании.

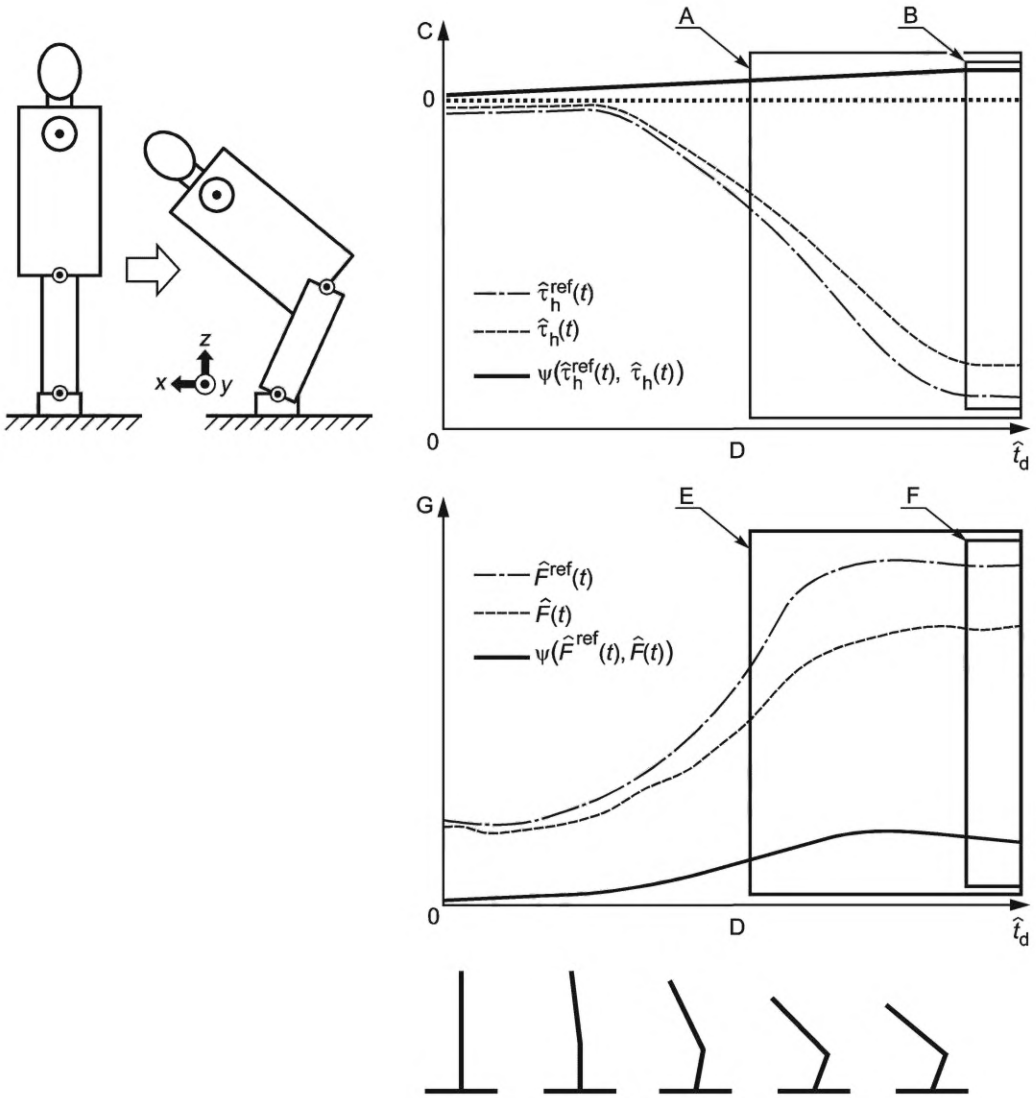
Приложение А
(справочное)

Временной диапазон ATI и LCR

В 5.2 настоящего стандарта для расчета ATI и LCR используются временные диапазоны, указанные в таблице 1. Это приложение дает лучшее понимание ATI и LCR на примере данных во время стандартных движений и временных диапазонов ATI и LCR.

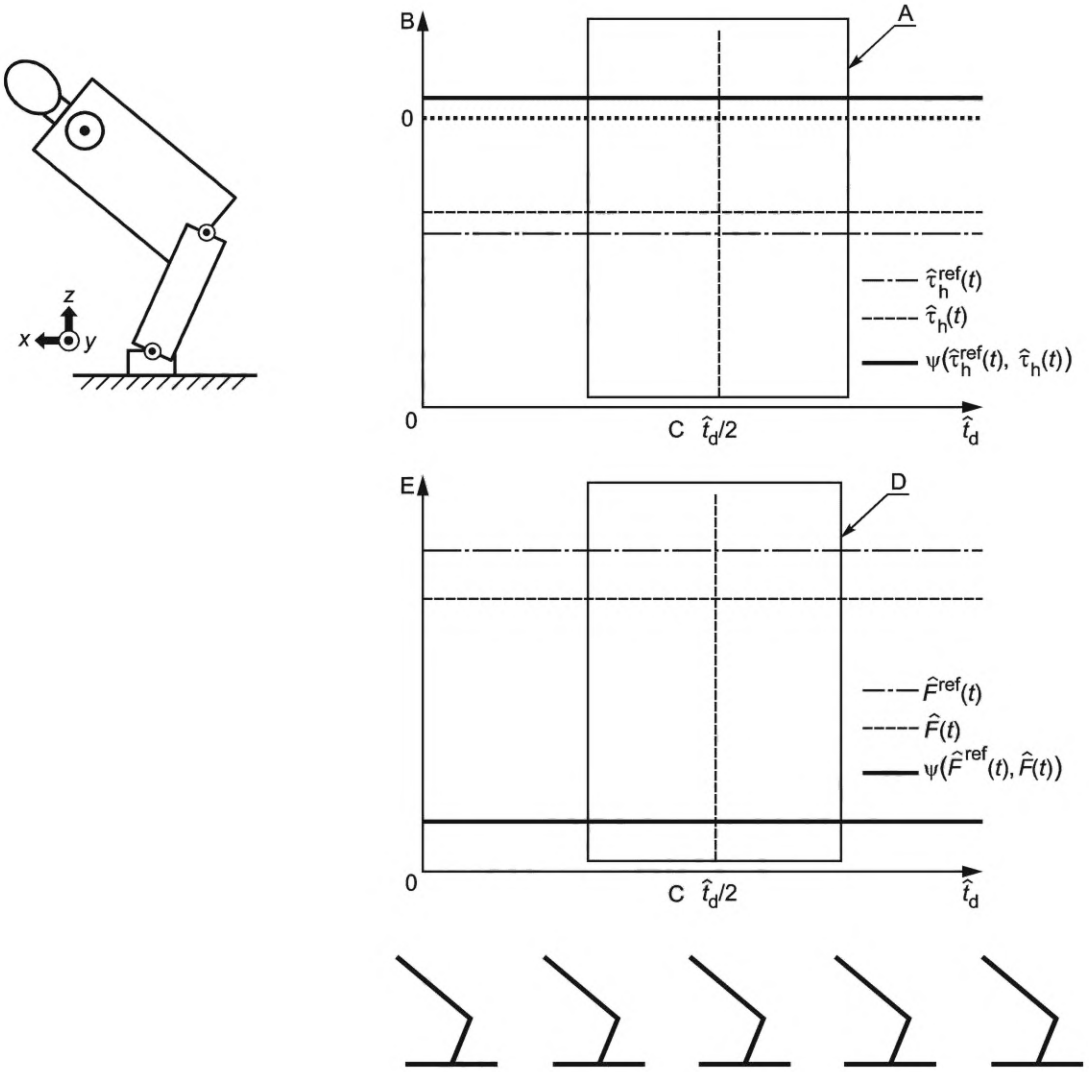
На рисунках А.1—А.3 приведены примеры данных, полученных при выполнении испытательным устройством эталонных движений по опусканию, удержанию и подъему верхней части тела соответственно, а также параметра ψ, используемого при расчете ATI и LCR в 5.2.2 и 5.2.3.

Как показано на рисунках А.1—А.3, ATI и LCR со средним значением времени 1 с (ATI_{1000}^{Lower}, ATI_{1000}^{Hold}, ATI_{1000}^{Raise}, LCR_{1000}^{Lower}, LCR_{1000}^{Hold} и LCR_{1000}^{Raise}) также можно рассматривать как показатель того, может ли робот выдавать поддерживающий крутящий момент и непрерывно снижать нагрузку на поясницу. С другой стороны, ATI и LCR со средним значением 0,2 с (ATI_{200}^{Lower}, ATI_{200}^{Raise}, LCR_{200}^{Lower} и LCR_{200}^{Raise}) могут быть показателем того, насколько робот может уменьшить пик необходимого крутящего момента и сжимающую силу на поясничных дисках в ответ. ATI_{200}^{Lower} и LCR_{200}^{Lower} для опускающего движения также можно рассматривать как показатель того, может ли робот выдавать поддерживающий крутящий момент и уменьшать поясничное напряжение до завершения движения. ATI_{200}^{Raise} и LCR_{200}^{Raise} для движения подъема также можно рассматривать как показатель того, может ли робот выдавать поддерживающий крутящий момент и уменьшать поясничное напряжение в начале движения.



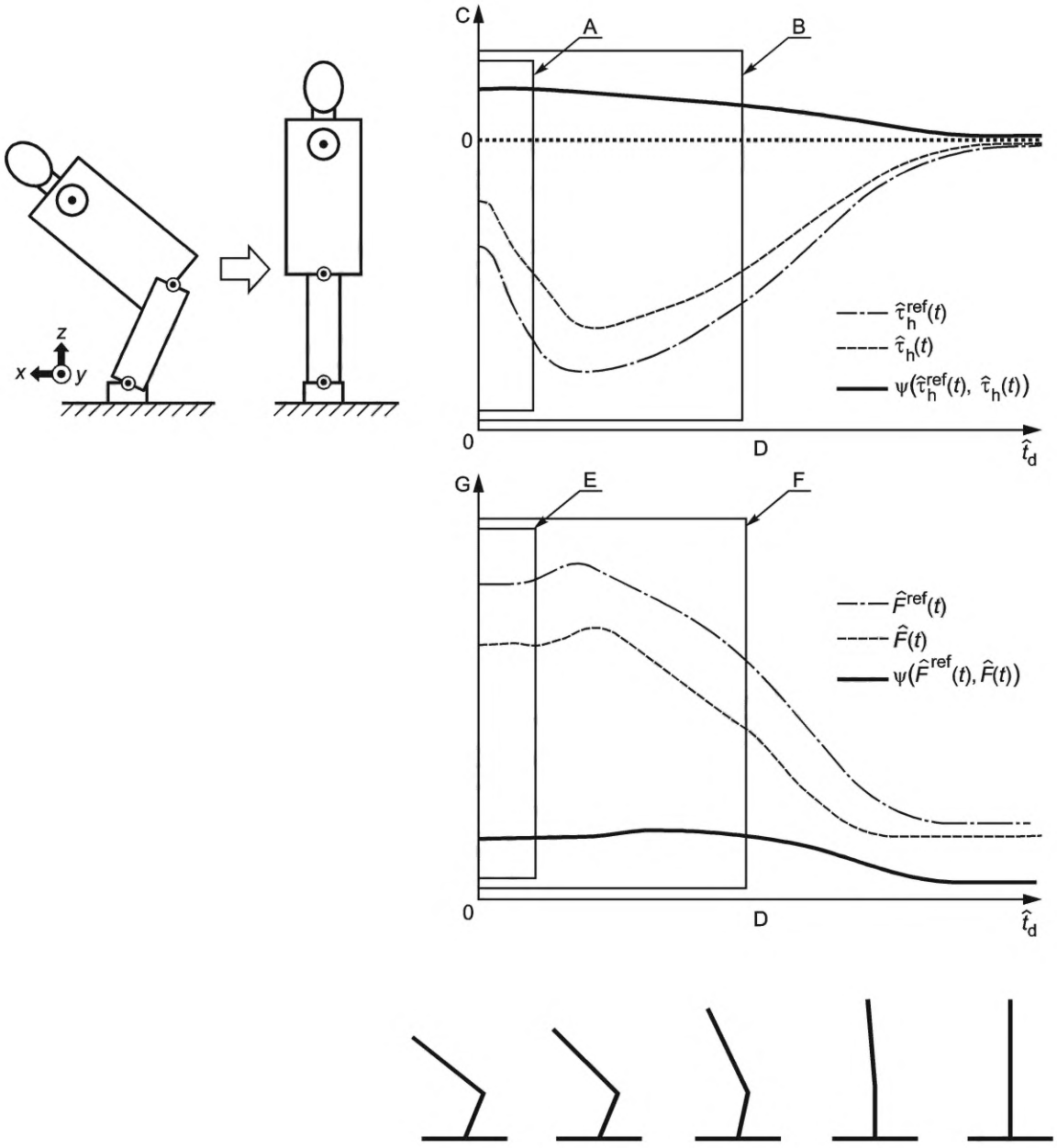
A — временной диапазон для ATI_{1000}^{Lower} ; B — временной диапазон для ATI_{200}^{Lower} ; C — крутящий момент, Н · м; D — время, с;
E — временной диапазон для LCR_{1000}^{Lower} ; F — временной диапазон для LCR_{200}^{Lower} ; G — сила, Н

Рисунок А.1 — Пример данных во время движения вниз и временного диапазона ATI и LCR



A — временной диапазон для ATI_{1000}^{Hold} ; B — крутящий момент, Н · м; C — время, с; D — временной диапазон для LCR_{1000}^{Hold} ; E — сила, Н

Рисунок А.2 — Пример данных во время удержания движения и временного диапазона ATI и LCR



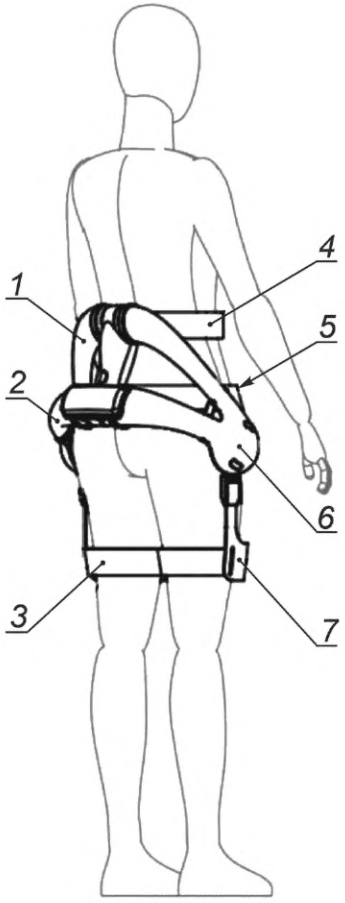
A — временной диапазон для ATI_{200}^{Raise}; B — временной диапазон для ATI_{1000}^{Raise}; C — крутящий момент, Н · м; D — время, с;
E — временной диапазон для LCR_{200}^{Raise}; F — временной диапазон для LCR_{1000}^{Raise}; G — сила, Н

Рисунок А.3 — Пример данных во время движения подъема и временного диапазона ATI и LCR

Приложение В
(справочное)

Пример вида робота для поддержки поясницы

В данном приложении показан пример робота для поддержки поясницы, являющегося предметом рассмотрения настоящего стандарта, чтобы помочь пользователям стандарта понять его положения.



1 — верхняя рама; *2* — нижняя рама; *3* — бедренный ремень; *4* — верхний ремень; *5* — нижний ремень; *6* — тазобедренный сустав; *7* — манжета

Рисунок В.1 — Пример робота для поддержки поясницы

Приложение С
(справочное)

Пример оформления таблицы результатов испытаний

В таблице С.1 приведен пример оформления таблицы результатов испытаний, установленных в разделе 5. Данная таблица также может быть использована в руководстве пользователя.

Таблица С.1 — Пример оформления таблицы результатов испытаний при выполнении эталонных движений

ATI	ATI_{1000}^{Lower}	Н · м
	ATI_{200}^{Lower}	Н · м
	ATI_{1000}^{Hold}	Н · м
	ATI_{1000}^{Raise}	Н · м
	ATI_{200}^{Raise}	Н · м
	Результаты испытания, указанного в разделе 5, путем моделирования пользователя ростом 170 см и массой 75 кг в условиях, указанных в таблице 2, с частотой выборки данных 1 кГц	
LCR	LCR_{1000}^{Lower}	кН
	LCR_{200}^{Lower}	кН
	LCR_{1000}^{Hold}	кН
	LCR_{1000}^{Raise}	кН
	LCR_{200}^{Raise}	кН
	Результаты испытания, указанного в разделе 5, путем моделирования пользователя ростом 170 см и массой 75 кг в условиях, указанных в таблице 2, с частотой выборки данных 1 кГц	

Приложение D
(справочное)

Пример реализации испытательного устройства

D.1 Пример для 5.3

Рисунок D.1 иллюстрирует пример реализации испытательного устройства по 5.3.

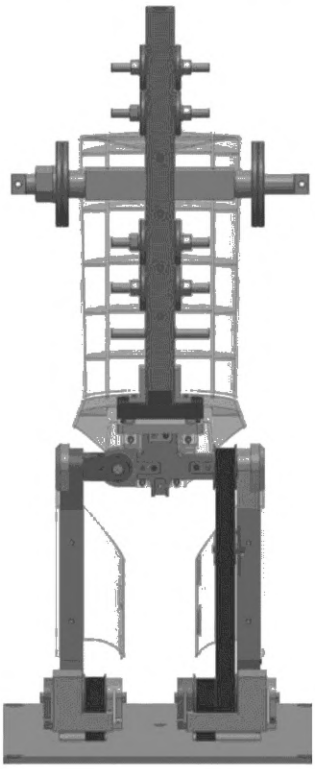


Рисунок D.1 — Пример реализации испытательного устройства по 5.3

Испытательное устройство, представленное на рисунке D.1, состоит из стальных труб, имитирующих кости, стальных разновесов для регулировки распределения массы и кожухов, напечатанных на 3D-принтере, предназначенных для закрепления на них робота для поддержки поясницы. Два привода мощностью 1,5 кВт, которые имеют максимальный пусковой крутящий момент и максимальный непрерывный крутящий момент 398 Н · м и 133 Н · м соответственно, расположены под опорной плитой. Приводная мощность одного привода передается на правый коленный сустав зубчатым ремнем; другой соединен с левым тазобедренным суставом через дополнительный зубчатый ремень в левом коленном суставе.

Формы кожухов, напечатанных на 3D-принтере, получены упрощением формы тела человека, описанным в работе [8]. Кожухи разделены на части, чтобы точно измерить нагрузку на поясницу, избегая распределения нагрузки на кожухи. Модуль 2-осевого датчика силы — крутящего момента вставляется в поясничный сустав. Он состоит из четырех 1-осевых датчиков силы, идентичных силовой пластине. Крутящий момент испытательного устройства определяется из выходного тока привода. Углы соединений измеряются датчиками, встроенными в приводы.

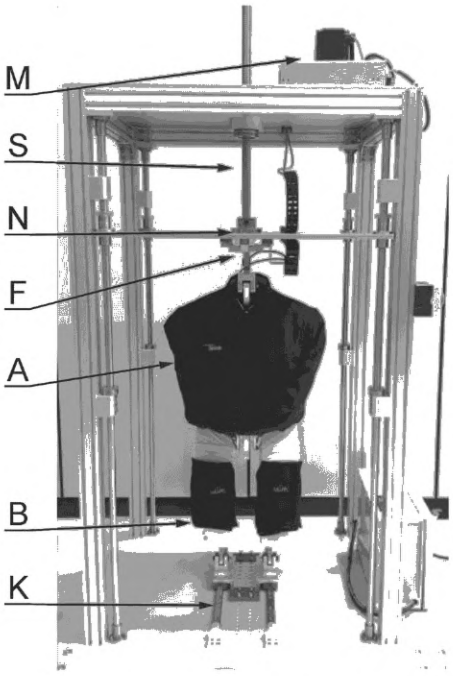
В контроллере использован стандартный алгоритм PD-регулятора. Коэффициент усиления P установлен на 5000 Н · м/рад, а коэффициент усиления D установлен на 500 Н · м · с/рад для обоих приводов. Эти значения определяются ручной настройкой при предварительном моделировании. Они удовлетворяют требованиям к производительности контроллера (см. 5.3.2).

D.2 Пример для 6.3

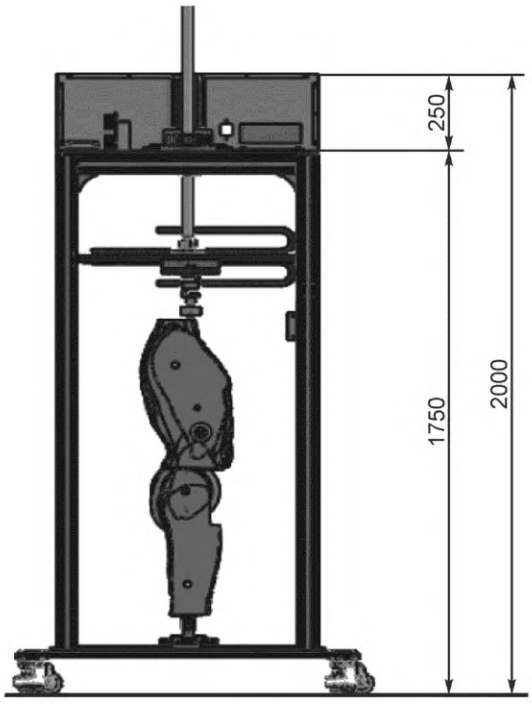
Рисунок D.2 иллюстрирует пример реализации испытательного устройства по 6.3.

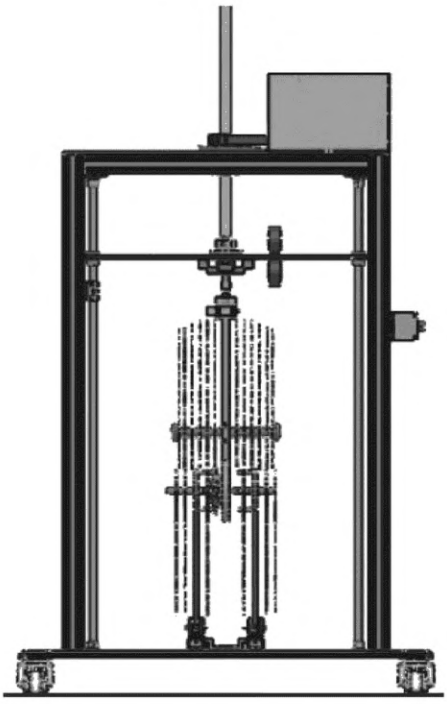


Вид сбоку



Вид спереди





A — туловище; B — бедро; C — контроллер; F — датчик нагрузки; K — ползунок колена; M — двигатель; N — шейный ползунок; S — шариковый винт

Рисунок D.2 — Пример реализации испытательного устройства по 6.3

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 8373	IDT	ГОСТ Р 60.0.0.4—2019/ИСО 8373:2012 «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения»
ISO 13482	IDT	ГОСТ Р 60.2.2.1—2016/ИСО 13482:2014 «Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для роботов по персональному уходу»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] T.R. Waters, V. Putz-Anderson, A. Garg and L.J. Fine: Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, vol. 36, no.7, pp. 749—776, 1993

[2] Y. Nakamura, K. Yamane, G. Suwa, O. Kondo, M. Kouchi, K. Kawachi, and M. Mochimaru, 2008: Skeletal shape data of an adult male (AIST H20PRO-905), 2008

[3] Wilder D., et al. Response To SuddEN Load By Patients With Back Pain, In Proceedings Of The First American Conference On Human Vibration, 2006

[4] Chaffin D. B.: A computerized biomechanical model — Development of and use in studying gross body actions, Journal of Biomechanics, Vol. 2, No. 4, pp. 429—441, 1969

[5] Jorgensen M. J., et al.: Sagittal plane moment arms of the female lumbar region rectus abdominis in an upright neutral torso posture, Clinical Biomechanics, Vol. 20, No. 3, pp. 242—246, 2005

[6] Nabeshima C., et al.: Standard Performance Test of Wearable Robots for Lumbar Support, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 3, Issue. 3, pp. 2182—2189, DOI: 10.1109/LRA.2018.2810860, 2018

[7] Asano Y., Matsumoto K., Jinbo H., Response to assist torque failure of physical-assistant robots, 2017 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Jeju, 2017, pp. 873—877

[8] Nakamura Y. et al., Skeletal shape data of an adult male, AIST H20PRO-905, 2008

[9] IEC 60601-1:2012, Medical electrical equipment — Part 1: General requirements for basic safety and essential performance

УДК 621.865.8:007.52:006.354 ОКС 25.040.30

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, рабочие характеристики, методы испытаний, сервисные роботы, роботы для поддержки спины

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 07.09.2022. Подписано в печать 12.09.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru