ПРИНЦИПИ И СРЕДСТВА ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧОВЕК-МАШИНА. ОСНОВНИ СТАНАРТИ

ас. инж. Гергана Делирадева

Технически университет – София

доц., д-р инж. Васил Пенчев

Технически университет – София

ас. инж. Поля Велинова

Технически университет – София

Резюме. Добрите условия на труд и оптималната безопасност са една от първостепенните грижи на работодателите в индустриалния сектор, тъй като безопасността и здравето заедно с рентабилността, качеството и опазването на околната среда са неделим аспект от техните отговорности. В борбата за все по-висока производителност мениджърските екипи на индустриалните обекти понякога са принудени да правят компромиси с безопасността на машинното и технологично оборудване, защото безопасната експлоатация на машините не е въпрос само на добро желание от страна на работещите и ръководителите им, а най-вече на значителни инвестиции. Разбирането, че безопасността и здравето на работещите са важни показатели за фирмата е една добра индикация за икономическите и организационни ползи. Добрата бизнес политика означава да се осигури безопасен и здравословен труд и да се реализира на пазара безопасен и търсен продукт. Живеем в епохата на уеб базираните, мобилните и сензорните интерфейси, а познатите бутони постепенно биват изместени от тъчскрийн екраните, виртуалните клавиатури, жестовото и гласовото взаимодействие. Разкриват се нови хоризонти пред връзката между човека и машината.

Ключови думи: безопасност, човек-машина, стандарт, HMI, PLC

Научните дейности и стандартите имат ключов принос за машиностроителния сектор и по-специално за безопасността на машините в България. Методите, процесите и материалите, на които се базират стандартите, са установени, било частично или

изцяло, чрез наличните научни знания. Съвременният европейски модел за прилагане на мерки за безопасност на машините е подчинен на строго структурирана система от норми и стандарти, които осигуряват надеждна защита както за операторите, така и за крайните потребители. В основата на тази рамка стои новият Регламент (ЕС) 2023/1230 относно машините, който ще започне да се прилага от 20 януари 2027 г., заменяйки досегашната Директива 2006/42/ЕО. Новият регламент въвежда съвременни изисквания, отчитащи напредъка в технологиите и нуждата от по-високо ниво на защита в контекста на киберсигурността, взаимодействието човек-машина и управлението на рискове при роботизирани и автоматизирани системи. [ИНЖЕНЕРИНГ РЕВЮ,2025]

1. Стандарти оносвни аспекти на безопасността

Стандартите от тази област изпълняват функция, свързана с основната безопасност в електротехническата и неелектротехническата област. Включени са насоки по отношение на маркирането, идентификацията и подреждането на информацията в електрически инсталации, оборудване и интерфейси „човек-машина“. Документите, които обхващат основната безопасност са от съществено значение за постигане на безопасен и надежден интерфейс между машините и хората. Прилагането им осигурява общ и разпознаваем подход за безопасна експлоатация на механични изделия, електрически, хидравлични, пневматичните машини и електрическите инсталации.[ИНЖЕНЕРИНГ РЕВЮ]

Стндартите от вид А и вид Б, които обхващат общите аспекти на безопасност при машините са следните:

- *БДС EN ISO 12100:2011 Безопасност на машините. Общи принципи за проектиране. Оценяване на риска и намаляване на риска (ISO 12100:2010)*
  Стандартът определя основната терминология, принципите и методологията за конструиране на безопасни машини. Чрез него се установяват принципите за оценяване на риска и за намаляване на риска, Описани са методи за идентифициране на опасности, за преценяване и оценяване на риска в съответните фази от жизнения цикъл на една машина, за отстраняване на опасностите или за достатъчно намаляване на риска; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13849-1:2023 Безопасност на машините. Части от системите за управление, свързани с безопасността. Част 1: Общи принципи за проектиране (ISO 13849-1:2023)*

  Стандартът определя методология и предоставя свързани изисквания, препоръки и указаия за проектиране и интегриране на частите от системите за управление, свързани с безопасността (SRP/CS), включително проектирането на софтуер. Прилага се към SRP/CS за режим на висок приоритет при искане и непрекъснат режим на работа, включително техните подсистеми, независимо от вида на технологията и енергията (например електрическа, хидравлична, пневматична и механична). Този документ не се прилага за режим с нисък приоритет при поискване; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 13849-2:2012 Безопасност на машините. Части от системите за управление, свързани с безопасността. Част 2: Валидиране (ISO 13849-2:2012)*

  Тази част на ISO 13849 определя процедурите и условията, които трябва да се следват при валидиране чрез анализ и изпитване на: предвидените функции за безопасност, постигнатата категория и постигнатото ниво на изпълнение на частите от системите за управление, свързани с безопасността (SRP/CS), проектирани в съответствие с ISO 13849-1; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *СД ISO/TR 14121-2:2015 Безопасност на машините. Оценяване на риска. Част 2: Практически указания и примерни методи (ISO/TR 14121-2:2012)*

  Този технически доклад дава практически насоки за провеждане на оценяване на риска за машини в съответствие с ISO 12100 и описва различните методи и средства за всяка стъпка в процеса; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN 60073:2004 Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи за кодиране на индикатори и органи на задействане (IEC 60073:2002)*

  Установява общи правила за поставяне на конкретни значения на определени зрителни, звукови и осезателни индикации. Има статут на основна публикация

за безопасност в съответствие с IEC Guide 104;[БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]

- *БДС EN IEC 60445:2021 Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Идентификация на клеми на съоръжения, изводни краища на проводници и проводници (IEC 60445:2021)*

  IEC 60445:2021 се прилага за идентифициране и маркиране на клеми на електрическо оборудване като резистори, предпазители, релета, контактори, трансформатори, въртящи се машини и, когато е приложимо, за комбинации от такова оборудване (например сглобени единици), и също така се отнася за идентифицирането на изводите на някои определени проводници. Той също така предоставя общи правила за използването на определени цветове или буквено-цифрови означения за идентифициране на проводници с цел избягване на неясноти и осигуряване на безопасна работа; [БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]
- *БДС EN 60447:2006 Основни принципи и принципи за безопасност на взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи на действие (IEC 60447:2004)*

  Установява общи принципи за ръчно задействани органи за задействане, които са част от взаимовръзката човек-машина, свързана с електрическото съоръжение, с цел увеличаване на безопасността, като безопасна експлоатация на съоръжението и улесняване на правилното и подходящото функциониране на органите за задействане; [БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]
- *prБДС EN IEC 60073:2026 Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи за кодиране на индикатори и органи на задействане (IEC 60073 ED7)*

  Този стандарт установява общи правила за придаване на специфични значения на някои зрителни, звукови и осезателни индикации, за да: повиши безопасността на лицата, имуществото или околната среда чрез безопасно наблюдение и контрол на оборудването или процеса, за да улесни бързото разпознаване на условията на управление и позициите на изпълнителните механизми на HMI; [БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС),2026]

- *prБДС EN IEC 60447:2026 Основни принципи и принципи за безопасност на взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация. Принципи на действие (IEC 60447 ED4)*

  Този международен стандарт установява общи принципи за задействане на ръчно задействани изпълнителни механизми, представляващи част от интерфейса човек-машина, свързан с електрическо оборудване, с цел: повишаване на безопасността (например на хора, имущество, околна среда) чрез безопасна експлоатация на оборудването, улесняване правилната и навременна работа на задвижващите механизми. Тези принципи се прилагат не само за работата на електрическо оборудване, машини или цялостни инсталации при нормални условия, но и при повреди или аварийни ситуации. Този стандарт е за общо приложение, от прости случаи като единични изпълнителни механизми (напр. бутони) до множество изпълнителни механизми, представляващи част от голям комплект електрическо и неелектрическо оборудване или част от централна станция за управление на процеси;

2. Стандарти видове средства за защита на машини

В индустрията човеко-машинните интерфейси (ЧМИ/HMI) изминават сходна пътека на развитие. Механичните превключватели, аналоговите панели и физическите контролни табла постепенно биват заместени от PLC и SCADA системи, LED екрани и монитори, които на свой ред отстъпват място на графичните операторски терминали и HMI панелите. Сред основните средства за са електромеханичните устройства като защитни прегради, аварийни стоп-бутони, устройства за управление с две ръце и безконтактните средства за машинна безопасност - оптични бариери, светлинни завеси, лазерни скенери, PLC вериги за безопасност, сигнални колони и други. Изборът на блокиращо устройство зависи от условията на експлоатация и предназначението на средството за защита; последствията от възможно нараняване; вероятността от повреда на блокиращото устройство; изискванията към времето за стоп на машината; честотата на достъп на персонала до опасната зона и др.

Следните стандарти обхващат принципи и устройства за безопасност на машини:

- *БДС EN ISO 13850:2015 Безопасност на машините. Аварийно спиране. Принципи за проектиране (ISO 13850:2015)*

  Стандартът определя функционалните изисквания и принципите на проектиране за функцията за аварийно спиране при машини, независимо от вида на използваната енергия; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 13851:2019 Безопасност на машини. Устройства за управление с две ръце. Принципи на проектиране и избор (ISO 13851:2019)*

  Този документ уточнява изискванията за безопасност на устройство за управление с две ръце (THCD) и зависимостта на изходния сигнал от задействане от страна на устройствата за управление на задействане. Също описва основните характеристики на устройствата за управление с две ръце THCDs за постигане на безопасност и установява комбинации от функционални характеристики за три типа. Този документ предоставя изисквания за проектиране и насоки за избор (въз основа на оценка на риска) на THCD, включително предотвратяване на повреда, избягване на неизправности и проверка на съответствието; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14119:2013 Безопасност на машини. Блокиращи устройства, свързани със защитни прегради. Принципи на проектиране и избор (ISO 14119:2013)*

  Стандартът специфицира принципи на проектиране и избор (независимо от естеството на енергийния източник) на блокиращи устройства, свързани със защитни прегради и предоставя указания на мерки за възможната най-малка повреда на блокиращи устройства по разумно предвидим начин. Този документ обхваща принципите за проектиране, избор и прилагане на следните: части от защитните прегради, които задействат блокиращи устройства, заключващи устройства и системи с блокиращи устройства за машинни приложения; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14120:2015 Безопасност на машините. Защитни прегради. Общи изисквания за проектиране и изработване на неподвижни и подвижни защитни прегради (ISO 14120:2015)*

В този документ се посочват общите изисквания за проектиране и изграждане на защитни прегради, предвидени преди всичко за защита на лица от механични опасности. Стандартът се прилага основно за машините, които са произведени след датата на издаване на настоящия стандарт. Обръща се внимание на използването на защитни прегради, които да минимизират излагането на немеханични опасности. Изискванията се отнасят при използване на фиксирани и подвижни защитни прегради. [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13856-1:2013 Безопасност на машините. Предпазни устройства, чувствителни на натиск. Част 1: Общи принципи за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск постелки и чувствителни на натиск настилки (ISO 13856-1:2013)*

  Този стандарт определя изискванията за чувствителни на натиск настилки и чувствителни на натиск подове, които обикновено се задействат от краката и се използват като предпазни мерки за защита на хората от опасни машини. Прилага се за чувствителни на натиск настилки и чувствителни на натиск подове, независимо от вида на използваната енергия (например електрическа, хидравлична, пневматична или механична), които са предназначени да откриват хора с тегло над 35 килограма и лица (например деца) с тегло от 20 кг.; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13856-2:2013 Безопасност на машините. Предпазни устройства, чувствителни на натиск. Част 2: Общи принципи за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск ръбове (лайсни) и чувствителни на натиск щанги (ISO 13856-2:2013)*

  Този стандарт определя общите принципи и изисквания за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск ръбове (лайсни) и чувствителни на натиск щанги, които се използват като предпазни мерки, а не като изпълнителни устройства за нормална работа. Той е приложим за чувствителни на натиск ръбове (лайсни) и чувствителни на натиск щанги, с или без външен механизъм за рестартиране, използвани за откриване на лицата или части на тялото, които могат да бъдат изложени на опасност, като движещи се части. Този стандарт има за цел предимно безопасността и надеждността, а не годност. [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 13856-3:2013 Безопасност на машините. Предпазни устройства, чувствителни на натиск. Част 3: Общи принципи за проектиране и изпитване на чувствителни на натиск брони, плочи, корди и други подобни устройства (ISO 13856-3:2013)*

  Този документ дава основните изисквания за тези чувствителни на натиск защитни устройства, с или без външно рестартиране на обекта, които не са определени във част 1 и част 2 на този документ, по-голямата част от които са предназначени за специфични приложения и не са на разположение, като детайли от серийно производство. Той също така дава специфични изисквания за чувствителни на натиск брони, чувствителни на натиск плочи и чувствителни на натиск корди (с прекъсване на корди); [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN IEC 61496-2:2020 Безопасност на машини. Електрочувствителни защитни съоръжения. Част 2: Специфични изисквания за съоръжения, използващи активни оптоелектронни апарати за защита (IEC 61496-2:2020)*

  IEC 61496-2: 2020 определя изискванията за проектиране, конструиране и изпитване на електрочувствителни защитни съоръжения (ESPE), проектирани специално за откриване на лица като част от свързана с безопасността система, използваща активни оптоелектронни апарати за защита (AOPD) за сензорна функция. Специално внимание е насочено към характеристиките, които гарантират, че се постига подходящо изпълнение, свързано с безопасността. ESPE може да включва незадължителни функции, свързани с безопасността, изискванията за които са дадени в приложение A към IEC 61496-1: 2020 и на този документ; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 4413:2011 Хидравлични задвижвания. Общи правила и изисквания за безопасност на системи и техните съставни части (ISO 4413:2010)*

  ISO 4413:2010 определя общите правила и изисквания за безопасност за хидравлични системи и компоненти, използвани за машини, както са определени от ISO 12100. ISO 4413:2010 се занимава с всички значими опасности, свързани с хидравлични системи и уточнява принципи, които да се прилагат с цел да се избегнат тези опасности, когато системите са поставени за тяхното използване по предназначение. ISO 4413:2010 се отнася за проектирането, изграждането и модификация на системите и техните компоненти, като се вземат предвид следните аспекти: сглобяване, монтаж,

настройка, непрекъсната работа на системата, лекота и икономична поддръжка и почистване, надеждна работа във всички предназначенията, енергийната ефективност и околната среда; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 4414:2011 Пневматични задвижвания. Общи правила и изисквания за безопасност на системи и техните съставни части (ISO 4414:2010)*

  ISO 4414:2010 определя общите правила и изисквания за безопасност за пневматични системи и компоненти, използвани машини, както са определени от ISO 12100. SO 4414:2010 разглежда с всички значими опасности, свързани с пневматични системи и уточнява принципи, които да се прилагат с цел да се избегнат тези опасности, когато системите са поставени за тяхното използване по предназначение. ISO 4414:2010 се отнася за проектирането, изграждането и модификация на системите и техните компоненти, като се вземат предвид следните аспекти: сглобяване, монтаж, настройка, непрекъсната работа на системата, лекота и икономичност на поддръжка и почистване, надеждна работа във всички предназначения, енергийната ефективност и околната среда; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN 60204-1:2019 Безопасност на машини. Електрообзавеждане на машини. Част 1: Общи изисквания (IEC 60204-1:2016, с промени)*

  IEC 60204-1:2016 се предлага като IEC 60204-1:2016 RLV, който съдържа Международния стандарт и неговата Redline версия, показваща всички промени в техническото съдържание в сравнение с предишното издание.

  IEC 60204-1: 2016 се отнася за електрическо, електронно и програмируемо електронно оборудване и системи за машини, които не са преносими ръчно по време на работа, включително група машини, които работят съвместно по координиран начин. Оборудването, обхванато от тази част на IEC 60204, започва в точката на свързване на захранването към електрическото оборудване на машината; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14122-1:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините.Част 1: Избор на фиксирани средства и общи изисквания за достъп (ISO 14122-1:2016)*

ISO 14122-1:2016 дава общите изисквания за достъп до стационарни машини и насоки за правилния избор на средства за достъп, когато необходимият достъп до стационарна машина не е възможен директно от нивото на земята или от пода; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

- *БДС EN ISO 14122-2:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините. Част 2: Работни платформи и пешеходни мостове (ISO 14122-2:2016)*

  ISO 14122-2:2016 дава изисквания за неподвижни работни платформи и пътеки, които са част от една стационарна машина, и на които регулируеми части не са задвижвани (например сгъваеми, плъзгащи) и подвижните части на тези фиксирани средства за достъп; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14122-3:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините. Част 3: Стълбища, стълби със стъпала и парапети (ISO 14122-3:2016)*

  ISO 14122-3:2016 дава изискванията за неподвижни стълбища, стълби и парапети, които са част от една стационарна машина, и с регулируеми части, които не са задвижвани (например сгъваеми, с възможност за плъзгане) и подвижните части на тези фиксирани средства за достъп; [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]
- *БДС EN ISO 14122-4:2016 Безопасност на машини. Стационарни средства за достъп до машините. Част 4: Фиксирани стълби (ISO 14122-4:2016)*

  ISO 14122-4:2016 дава изисквания за стълби, които са част от една стационарна машина, и с регулируеми части, които не са задвижвани (например сгъваеми, с възможност за плъзгане) и подвижните части на системи фиксирани стълби.

  Забележка 1 "Фиксирани" средства за достъп, са тези, монтирани по такъв начин (например чрез винтове, гайки, заваряване), така че те могат да бъдат отстранени само чрез използването на инструменти. ISO 14122-4:2016 определя минимални изисквания, които да се прилагат и когато същите средства за достъп са необходими, тъй като са част от сградата или гражданско строителство (например стълби), където е инсталирана на машината, при условие, че основната функция на тази част от строителството е да осигури

средства за достъп до машината. [КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ, 2026]

Изводи и обобщения

Живеем във време в което индустриалните революции все по-бързо навлизат в производството и ускорените темпове на роботизация и автоматизация изправят производителите пред решения за преминаване от традиционни, компонентно базирани решения към единна централизирана система, която обхваща всички аспекти на защитата, през целия жизнен цикъл на машината. Трудовата и машинната безопасност отдавна е ясно изразен фактор в националните политики на индустриално развитите държави и когато се работи в посока изграждане на нормативна и техническа база, която не просто цели да намали, а да елиминира риска от инциденти, безопасността ще се приема като основна, интегрирана цел още на етапа на проектиране, въвеждане в експлоатация и поддържане на оборудването.

ЛИТЕРАТУРА

БЪЛГАРСКИ ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ (БДС) https://bds-bg.org/bg/ [Viewed 2026-10-12]

КОЛЕКЦИЯ БЕЗОПАСНОСТ НА МАШИНИТЕ.

https://bds-bg.org/bg/project/show/bds:proj:121338 [Viewed 2026-10-12]

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) https://www.iso.org/home.html [Viewed 2026-10-12]

EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION (CENELEC) https://www.cencenelec.eu [Viewed 2026-10-12]

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) https://www.cencenelec.eu [Viewed 2026-10-12]

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) https://www.iec.ch/homepage [Viewed 2026-10-12]

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (OSHA)https://osha.europa.eu/bg [Viewed 2026-10-12]

ИНЖЕНЕРИНГ РЕВЮ https://www.engineering-review.bg/ [Viewed 2026-10-12]

SAFETY PRINCIPLES AND EQUIPMENT FOR MAN-MACHINE INTERFACE. BASIC STANDARDS

Abstract. Good working conditions and optimal safety are among the top priorities for employers in the industrial sector, as health and safety-alongside profitability, quality, and environmental protection-are integral aspects of their responsibilities. In the drive for ever-higher productivity, management teams at industrial facilities are sometimes compelled to compromise on the safety of machinery and technological equipment; this is because the safe operation of machines depends not merely on the good intentions of workers and their supervisors, but primarily on significant investment. Recognizing that worker health and safety are key performance indicators for a company signals potential economic and organizational benefits. Sound business policy entails ensuring safe and healthy working conditions while bringing safe, high-demand products to market. We live in an era of web-based, mobile, and sensor-driven interfaces, where traditional buttons are gradually being replaced by touchscreens, virtual keyboards, and gesture- or voice-based interaction. New horizons are opening up for the human-machine relationship.

Keywords: safety, man-machine, standard, HMI, PLC

Assistant Gergana Deliradeva
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: gdeliradeva @tu-sofia.bg
Assoc. Prof. Vasil Penchev
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: vasil_penchev @tu-sofia.bg
Assistant Polya Velinova
Technical University of Sofia
Bulgaria
E-mail: polya.velinova@tu-sofia.bg