

ОТНОСНО КРИТИЧНОСТЕТЕ, КРИТИЧНИТЕ СИТУАЦИИ И СЪБИТИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ ЕРГОНОМИЧНИ СИСТЕМИ

Владимир Томов

Русенски университет "Ангел Кънчев", 7017 Русе, ул. "Студентска" №8

РЕЗЮМЕ. В работата терминологично и аналитично се дефинират критичностите, критичните ситуации и събития-понятия, които се използват в сферата на безопасността, но досега не са изведени. Това става на базата на определението за диференциална и интегрална опасност. Диференциалната опасност представя опасните явления и опасните действия поотделно. Интегралната опасност ги обединява с опасните ефекти-вредите и се разглежда като свойство на ергономичните системи. Оценката на опасностите се извършва чрез диференциални и интегрални рискове, чието изчисляване става въз основа на логически модели. Критичните ситуации се разглеждат като състояние на системите, които отразяват опасните явления и действия. Критичните събития представят и опасните ефекти-вредите, появили се в резултат на тяхното възникване и развитие. Критичността се дефинира по аналогичен начин, като аналитично се изразява чрез съвкупността от диференциални рискове-диференциална критичност и от интегралните-интегрална критичност. Въвеждането на тези индикатори позволява обективно и точно отразяване на степента на безопасност, респективно опасност, на производствените ергономични системи. Чрез тях се прецизира терминологията и аналитичния апарат в теорията на безопасността.

ABOUT CRITICALITIES, CRITICAL SITUATIONS AND EVENTS IN MANUFACTURING ERGONOMIC SYSTEM

Vladimir Tomov

University "Angel Kanchev" of Ruse, 7017 Ruse, ul. "Studentska", 8

ABSTRACT. This paper defines terminologically and analytically criticalities, critical situations and events – terms which are used in the area of safety but are not derived so far. It is made on the basis of the definition of differential and integral danger. Differential danger presents dangerous events and dangerous actions separately. Integral danger unites them with the dangerous effects – harms and is considered a property of ergonomic systems. Assessment of dangers is made through differential and integral risks, which are calculated on the basis of logical models. Critical situations are examined as conditions of the systems, which reflect dangerous events and actions. Critical events present also the dangerous effects-harms, which arise as a result of their occurrence and development. Criticality is defined analogically, and in analytical way it is expressed through the totality of differential risks – differential criticality and integral risks – integral criticality. Introduction of these indicators allows objective and accurate reflection of the degree of safety, respectively danger, of manufacturing ergonomic systems. Terminology and analytical apparatus are specified through these indicators.

Въведение

Обективното оценяване на опасностите в производствените ергономични системи е условие за точно анализиране, а от там и ефективен синтез на безопасността. В EN 1050 опасността се отъждествява с източниците на опасни фактори, а рискът се представя чрез вероятността за появяване на вреда и тежестта на вредата. Двете дефиниции са ограничени и не могат да бъдат използвани рационално особено в случаите, когато чрез тях се тълкуват критичните ситуации и събития-термини навлезли в последно време в редица закони и подзаконови актове. Досега няма точно определение за критичните ситуации и събития, колкото и разбираеми да изглеждат в тълковно отношение. Необходимо е да се аргументира съдържанието им, както и да се обоснове аналитичното им определяне. Така въз основа на количествената им стойност ще могат правилно да се класифицират и ранжират.

Изложение

В наши изследвания (Томов, 1993) обосноваваме ново универсално определение за опасността. Разглеждаме я като свойство на ергономичните системи, което се състои от три диференциални съставлящи:

- опасност от възникване на опасни явления;
- опасност от възникване на опасни действия;
- опасност от възникване на опасни ефекти.

Всяка съставляща се определя от система показатели.

Показатели на диференциалната опасност от първи род-опасните явления са:

- причини за възникване. Това са конкретния вид и тип дейност и явления-антропогенни или природни. Антропогенните причини са производствени, битови, управленски и редица други, които са създадени и се извършват от хората. Следва да се отбележи, че дейностите са с доказан или предполагаем вреден ефект. Ако не се налага производствена дейност, то няма да има и опасно явление. С други думи, в контекста на

настоящата работа, производствените дейности са причини за поява на опасности;

- източници на опасни явления. Такива са системите, които изпълняват опасните дейности. Отново отнесено към производството, източници са производствените системи, т.е. човеко-машинните системи, които генерират и емитират опасни фактори;

- опасни фактори. Това са факторите от физично, химично, биологично и психофизиологично естество;

- емисии на опасни фактори. Опасните фактори, които се генерират в източниците, трябва да бъдат отделени, да бъдат емитирани. Използваме термина “емисия” в широкия смисъл на думата, т.е. отделяне на опасен фактор - газ, топлина, лъчение, миризма и т.н. В зависимост от анализираната система емисията може да бъде в производствената среда на работните помещения, може да бъде и в природната среда;

- нива на емисиите. Този показател отразява големината на емисиите. Когато те са в нормираните граници, установени за определен обект на въздействие, опасно явление няма. Т.е. има причина за опасно явление и източници и опасни фактори и емисии, но те не предполагат вреди.

Показатели на диференциалната опасност от втори род-опасните действия са:

- обект на въздействието. Такъв е обектът, по отношение на който се определя опасността. В системния анализ, който се прилага, обект може да бъде човекът-оператор, машини, строителна конструкция, елементите на околната среда и т.н.

- среда на разпространение на опасния фактор. Този показател определя в значителна степен контакта на обекта на въздействието. Освен това характерът на разпространението и закономерностите му зависят пряко от свойствата на средата, а от там и пространството на действие на опасните фактори.

- емисии на опасните фактори. Определят се като резултатен процес от емитирането на конкретен фактор, който под влияние на други характеристики се получава в определена точка на пространството.

- ниво на емисията. Този показател на опасното действие определя големината на опасния фактор в дадена точка на пространството.

- пространство на действие. Определя се размерно в ортогоналната координатна система. Оценява се за ситуации на съвместимост с обекта на въздействие на рисковите фактори.

- време на действие. Оценява се по експозицията на въздействието на рисковите фактори върху обекта. Експозицията може да бъде нормирана по продължителност и честота.

Показатели на диференциалната опасност от трети род-опасните ефекти са:

- вид на вредите (материални, икономически, екологични, здравословни, други);

- локализация, която се определя от мястото на възникване на вредата, размера на зоната на поражение и разположените в нея обекти;

- размери на вредата - материални щети, икономически загуби, брой загинали и интоксикирани хора, унищожени материали, суровини, продукция;

- възстановяемост - естествена, изкуствена, смесена;

- време за възстановяване, което е косвен, но значим показател, в определена степен конкретизиращ размера на вредата;

- разходи за възстановяване на вредите.

Всеки от изложените показатели на диференциалните опасности се определя чрез характеристики, които отговарят на естеството му.

Рискът разглеждаме като количествен критерий на опасността. В традиционното му определение той акцентира върху последиците във вероятностен аспект. Изложените определения е невъзможно да бъдат използвани, когато няма регистрирани вреди от определени опасности. Това се наблюдава при внедряване на нови технологии, за които няма установени злополуки, заболявания и други вредни събития. Аналогично е и когато не са провеждани наблюдения върху въздействието на конкретни рискови фактори и редица други случаи на липса на информация за вреди, включително комбинирано действие на рисковите фактори.

За разлика от използваните досега критерии за оценка на риска въвеждаме диференциални рискове и интегрален риск.

Диференциалните рискове оценяват опасностите за появяване на опасни явления, опасни действия и опасни ефекти.

Интегралният риск R обединява диференциалните рискове и е общ критерий за риска (Томов, 2005). Той се изчислява чрез произведението

$$R = RF.RA.RE \quad (1)$$

където RF е диференциалният риск за появяване на опасни явления;

RA - диференциалният риск за опасни действия;

RE - диференциалният риск за възникване на вреди.

Рискът RF е произведение на риска RLC за появяване на опасни явления през различните фази на жизнения цикъл на продукцията, риска RER на ергономичната система и риска REM на емисията на опасните фактори. Всеки от тези рискове се структурира чрез логически модели използващи операциите И, ИЛИ, НЕ.

Диференциалният риск RLC се структурира чрез модел използващ оператора ИЛИ. Поради това се определя чрез зависимостта

$$RLC = \{1 - [(1 - P(Flc1))(1 - P(Flc2))(1 - P(Flc3))(1 - P(Flc4))(1 - P(Flc5))(1 - P(Flc6))]\} \quad (2)$$

където $P(Flc1)$ е вероятността за възникване на опасни събития при добиване и преработване на природни ресурси; $P(Flc2)$ - при производство на продукция; $P(Flc3)$ - при складиране, съхраняване, дистрибуция; $P(Flc4)$ - при

потребление; $P(Flc5)$ - при рециклиране; $P(Flc6)$ - при обезвреждане и унищожаване на продукцията.

Рискът на ергономичната система RER отразява основните взаимодействия между съставните ѝ елементи. Той трябва да представя процедурата на генериране на конкретен рисков фактор. Поради това аналитично се формира от два класа показатели:

I клас. Показатели за взаимодействията в ерготехническите системи:

- вид, тип и марка машина или друго технологично оборудване;
- фаза на функциониране: потребление, ремонт, обслужване, други;
- операция на взаимодействието: излъчване, поглъщане, събиране, насочване и т.н.
- област на взаимодействие: информационна, управляваща, защитна;
- вид на взаимодействието: веществено, енергийно, информационно, пространствено;
- взаимодействащи подсистеми: човек-машина; човек-обработваем обект; човек-защитна система; човек-производствена среда; човек-природна среда; контактни места: средства за представяне на информацията; органи за управление; корпуси; направляващи и др.

II клас. Показатели на функционалните и структурни опасности:

- функционални опасности:
 - опасна функция на човека: рецепторна, ефекторна, защитна, логическа, алтернативна;
 - опасна функция на взаимодействащия структурен елемент;
- структурни опасности:
 - -опасно състояние на човека;
 - -опасно състояние на взаимодействащия структурен елемент.

Рискът RER се определя чрез следното произведение, което се дължи на спазване на действието на оператора И:

$$RER = P(FER) \cdot P(FAZ) \cdot P(FIE) \cdot P(FAD) \cdot P(FIA) \cdot P(FCP) \cdot P(FDFP) \cdot P(FDFS) \cdot P(FSD), \quad (3)$$

където $P(FER)$ е вероятността за възникване на опасни явления с различните видове техника; $P(FAZ)$ - във фазите на функциониране; $P(FAD)$ - при различни видове взаимодействия; $P(FIE)$ - при различни взаимодействащи елементи на ергономичните системи; $P(FIA)$ - при различни области на взаимодействия; $P(FCP)$ - при различни контактни места; $P(FDFP)$ - при функции, изпълнявани от човека; $P(FDFS)$ - при функции, изпълнявани от взаимодействащия системен елемент; $P(FSD)$ - поради структурни опасности.

Рискът на емисията REM е

$$REM = P(FEM) \cdot P(FEMD), \quad (4)$$

където $P(FEM)$ е вероятността на възникване на емисия; $P(FEMD)$ - вероятността на емисионната доза, представляваща произведение на нивото на даден фактор по времето на действие.

Диференциалният риск RA на опасното действие се структурира на риск RD на разпространение на опасните фактори, риск RIM на емисиите и риск REX на опасните взаимодействия:

$$RA = RD \cdot RIM \cdot REX. \quad (5)$$

Чрез RD се отчита средата, пространството и времето на разпространение

$$RD = P(AM) \cdot P(AD) \cdot P(AT), \quad (6)$$

където $P(AM)$ е вероятността за разпространение в определена среда; $P(AD)$ - за разпространение в определено пространство; $P(AT)$ - за разпространение през определено време.

Рискът на емисиите RIM се определя по аналогична на емисиите зависимост, отчитаща вероятността за появяване на имисия $P(AIM)$ и вероятността на емисионната доза $P(AIMD)$

$$RIM = P(AIM) \cdot P(AIMD). \quad (7)$$

Те се структурират чрез операторите ИЛИ в зависимост от природата и конкретния им вид - физични, химични или биологични агенти. Отчита се типа и характера на имисията и се определя имисионната доза.

Рискът на опасните взаимодействия REX се представя чрез произведението

$$REX = P(AO) \cdot P(AS), \quad (8)$$

където $P(AO)$ е вероятността за въздействие върху конкретен обект; $P(AS)$ - вероятността за пространствено и времево съвместителство на обекта на въздействието и имисията на опасния фактор.

Тези вероятности се извеждат чрез операторите ИЛИ като събития, определени от характера на съвместяването - детерминирано, случайно, съответно дискретно или индискретно.

Диференциалният риск за възникване на опасен ефект RE се определя чрез произведението

$$RE = RH \cdot RLOC \cdot RSIZ, \quad (9)$$

където RH е рискът за възникване на конкретен вид вреда; $RLOC$ - рискът за възникване на определена локализация на вредата;

$RSIZ$ - рискът на тежестта на вредата.

RH е със структура, която се описва с оператора ИЛИ и се представя с израза

$$RH = \{1 - [(1 - P(Et1))(1 - P(Et2))(1 - P(Et3))], \quad (10)$$

където $P(Et1)$, $P(Et2)$, $P(Et3)$ са вероятностите за възникване на първична, вторична и на неуточнена вреда.

Рискът $RLOC$ за локализация на вредата е

$$RLOC = \{1 - [(1 - P(EI1))(1 - P(EI2))(1 - P(EI3))(1 - P(EI4))(1 - P(EI5))(1 - P(EI6))(1 - P(EI7))(1 - P(EI8))(1 - P(EI9))(1 - P(EI10))(1 - P(EI11))], \quad (11)$$

където $P(E1)$, $P(E2)$, $P(E3)$, $P(E4)$, $P(E5)$, $P(E6)$, $P(E7)$, $P(E8)$, $P(E9)$, $P(E10)$, $P(E11)$ са вероятностите за локализация на вредите. Отделните локализации са свързани с оператора ИЛИ. Съобразени са с Международната класификация на болестите (МКБ-9).

Рискът $RSIZ$ на тежестта на вредата

$$RSIZ = P(Es1)P(Es2), \quad (12)$$

където $P(Es1)$ и $P(Es2)$ са вероятностите на характера на последствията и възстановяемостта им.

Обобщавайки изложеното, както и въз основа на опита ни в прилагане на представения подход при изследване на производствени опасни ситуации и събития (Томов, 2003), бихме отбелязали следното:

- системното дефиниране на опасността, както и обоснованият морфологичен модел я отразяват обективно и я третираме като свойство, което се изменя във времето. Това позволява на всеки етап да се извърши редукция на опасността чрез прекъсване на каузалната ѝ верига;

- въведените видове причини, съвместно с известните логико-трансформационни методи, дават възможност за по-пълно установяване на “механизма” на възникване на опасните явления, които са генератори на опасността;

- възприетите текущи опасни ситуации, като комбинация на показателите на опасността във времето, както и резултатното опасно събитие, дават възможност за всеки момент от периода на наблюдение да се направи оценка на риска и да се предвидят съответни защитни действия;

- в случаите, когато не може да се установи диференциалният риск за възникване на вреда, интегралният риск може да се определи по диференциалните рискове за възникване на опасни явления и опасни действия. Това води до превантивен ефект с особена значимост;

- въведените диференциални и интегрални рискове са критерии за опасностите на ергономичните системи, тъй като обобщават и обхващат областите на изменение не само на показателите на опасните явления, действия и ефекти, но и техни комбинации.

Следователно чрез предложения метод опасностите стават дефинируеми и количествено измерими. Те са причини за критичности.

Критичността в българския език се тълкува като съдбовност, сериозност, опасност. От там идва прилагателното критичен, което е свойствено на криза, кризисен, мъчителен, съдбоносен, опасен.

Критичността се свързва с явления, състояния и ситуации.

Критичното явление се изразява в проявяване на особени свойства на физични, химични, биологични или други ефекти.

Критичното състояние на определена система е такова, което определено по дадени характеристики, при колкото и

малка тяхна промяна, води до превръщания и преобразувания на системата.

Критичната ситуация е специфична категория. Ситуацията може да се представи като съвкупност от обстоятелства и условия, които създават конкретни отношения, положения, състояния и явления. Следователно критичната ситуация обхваща критичните явления и състояния и ще има свои характеристики и индикатори, тъй като води до нови взаимоотношения, до съдбовност и опасности.

Критичната ситуация е много често използвана лексическа единица в политиката, икономиката, управлението, военното дело, медицината. Това не става винаги аргументирано, а като че ли повече емоционално и интуитивно. Не се извеждат спецификата, ориентираността, същността и последствията. Освен това много са случаите на използване на критическа вместо критична, което тълковно не е абсолютно равностойно.

Критичната ситуация може да се определи като такова състояние на ергономичната система при което се установяват диференциални опасности от първи и втори род-опасни явления и действия. Няма вреда, а са налице само необходимите условия за вреда. Съществува потенциал за появяване на вреда. Поради това се идентифицира с диференциалните опасности.

Възниква въпросът за идентичността на термина “критична ситуация” с определението за опасна ситуация, дадено в EN 1050-“всяка ситуация, в която човек е изложен на една или повече опасности”. Идентичност би имало в случай, че се приеме едно и също определение за опасност. Съгласно същия стандарт, опасността е “източник, който може да причини нараняване или увреждане на здравето”. Следователно няма съвпадане на определенията, тъй като опасността в настоящата работа се тълкува и извежда по коренно различен начин. Освен това се разглежда като свойство на качествата на ергономичните системи, което се променя във времето.

Критичното събитие възниква при появяване на вреда или е съвкупност от опасни явления, действия и ефекти. Този начин на определение е по-точен в сравнение с класифицирането на инцидентите, злополуките, аварияте, катастрофите като опасни събития. Опасността е “възможност за вреда” (Андрейчин, 2004), а тези събития са с конкретни и явни, вече появили се резултати, вреди, поражения. Следователно критическото събитие трябва да се идентифицира чрез интегралната опасност.

Изложеното не противоречи на изведените тълкувания за диференциалната и интегралната опасност. Напротив въвеждането на термините “критически ситуации” и “критически събития” допълва терминологията по безопасност на ергономичните системи и я конкретизира. В определено сечение на времето всяка възможна комбинация на показатели, характеристики и размерности на опасните явления и действия приемаме като текуща критична ситуация. Критична е, тъй като има опасно действие върху конкретен обект, пространство и време. Когато има само опасно явление случаят не е критичен,

тъй като няма обект на въздействието, няма “съдбовност, заплаха, опасност” за нещо или някого.

Изложеното, представеният морфологичен модел и съображения за критичност на ергономичните системи ни дават основание да формулираме две категории критичност, а именно:

Диференциална критичност е съвкупността от текущи критични ситуации, определени от показателите, характеристиките и размерностите на опасните явления и действия.

Интегралната критичност е съвкупността от появяващи се във времето текущи критични събития, чиито опасни явления и действия са причинили опасни ефекти-вреди.

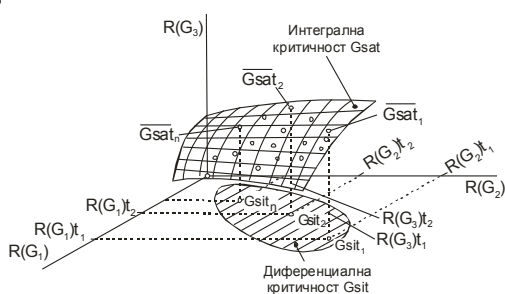
За да отговаря тази категоризация на въведените и съответстващи опасности допълнително критичностите класифицираме на ерго- и екокритичности, които могат да бъдат от диференциален и интегрален вид.

Въз основа на направените съждения всяка комбинация от показателите на трите компонента - явление, действие и ефект, представлява текущо критично събитие. Тя може да бъде представена като точка в ортогонална координатна система $R(G_1) \equiv RF$; $R(G_2) \equiv RA$; $R(G_3) \equiv RE$. Това е илюстрирано с фиг. 1.

$\overline{Sat}_1$ е текущото критично събитие в момента или периода от време t_1 , през който е извършен анализът на опасностите и са установени стойностите на диференциалните рискове $R(G_1)t_1$, $R(G_2)t_1$, $R(G_3)t_1$. Това е точка или вектор на интегралния риск в момента t_1 , т.е. $\overline{Gsat}_1 \equiv R(G_3)t_1$. Съответно $\overline{Gsat}_2 \equiv R(G_3)t_2$ при $R(G_1)t_2$, $R(G_2)t_2$, $R(G_3)t_2$. Аналогично се получават векторите, респективно интегралните рискове $\overline{Gsat}_3$, $\overline{Gsat}_4$, ..., $\overline{Gsat}_n$.

Текущите критически ситуации $Gsit_1$, $Gsit_2$, ..., $Gsit_n$ се определят от стойностите на диференциалните рискове $R(G_1)t_1$, $R(G_2)t_1$, $R(G_3)t_1$; $R(G_1)t_2$, $R(G_2)t_2$, $R(G_3)t_2$, ..., $R(G_1)t_n$, $R(G_2)t_n$, $R(G_3)t_n$.

Повърхнината $Gsat$, образувана от векторите $\overline{Gsat}_3$, $\overline{Gsat}_4$, ..., $\overline{Gsat}_n$, е графичен израз на интегралната критичност.



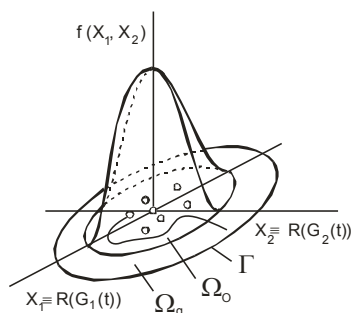
Фиг.1. Диференциални $R(G_1)$, $R(G_2)$, $R(G_3)$ и интегрални рискове $\overline{Sat}_1$, $\overline{Gsat}_2$, $\overline{Gsat}_3$, $\overline{Gsat}_4$, ..., $\overline{Gsat}_n$, диференциална $Gsit$ и интегрална критичност $Gsat$

Областта на текущите критични ситуации $Gsit_1$, $Gsit_2$, ..., $Gsit_n$ представлява диференциалната критичност $Gsit$.

Определянето на диференциалната и интегрална критичност става чрез диференциалните и интегрални рискове във всеки момент на времето.

Разглеждаме състоянията на дадена ергономична система, като своеобразно нейно “движение” във времето. При това движение върху нея действат разнообразни смущаващи въздействия, които влияят върху развитието, динамиката на опасните явления, действия и ефекти.

Първоначално задачата се ограничава до разглеждане на случаите на критични ситуации. Появяването на критичното събитие може да стане под влияние на случайни въздействия и причини. Може да се приеме, че в безкраен времеви интервал не възниква вреда, т.е. не се появява критично събитие и съществуват само критични ситуации. Въвежда се фазово пространство, чиито координати отговарят на диференциалните рискове от първи и втори род. Тези рискове са координати на точките във фазовото пространство. Изменението на координатите във времето определя “преместването” на тези точки (фиг. 2). Критично събитие не възниква докато преместването на определена точка е в някаква област Ω_0 на фазовото пространство. Интересно, обаче, не е само случайното преместване, блуждаене на тази точка в Ω_0 , но и на цялото безкрайно множество от такива точки, което определят всевъзможни реализации на процеса на изменение на състоянието на ергономичната система, респективно на критичните ситуации.



Фиг.2. Плътност на вероятностите и граници на изменение на състоянията

Когато състоянието на ергономичните системи се променя около някакво, условно казано “устойчиво равновесно положение”, то на него ще отговаря определена област на фазовото пространство. Тогава точките, съответстващи на състоянията-критичните ситуации, се групират в тази област и се разсейват.

Приема се, че процесът на преход на ергономичната система от една в друга точка на фазовото пространство, от една в друга критична ситуация за стационарен. Плътността $f = (X_1, X_2, ..., X_n)$ на точките е функция само на координатите $X_1, X_2, ..., X_n$.

Във фазовото пространство може да се отдели определена област $\Delta\Omega_0 \in \Omega_0$ и да се запише интегралът

$$\int_{\Delta\Omega_0} f(X_1, X_2, \dots, X_n) dX_1, dX_2, \dots, dX_n. \quad (13)$$

Той определя относителния брой точки-критични ситуации в областта $\Delta\Omega_0$ и вероятността за появяване в същата област.

Координатите на всяка от точките определя положението им, а от там и на ординатите на процеса на състоянието на ергономичната система.

Функцията $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ се разглежда като плътност на разпределение на вероятностите на появяване на диференциалния риск за възникване на вреди $R(G_3)$, а от там и на критични събития.

На фиг. 2 е представено фазовото пространство и плътността $f(X_1, X_2)$ на вероятностите, съответстваща на процесите $X_1(t)$ и $X_2(t)$, изменящи се във времето t . Тук $X_1(t) \equiv R(G_1(t))$ и $X_2(t) \equiv R(G_2(t))$.

Функцията $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ в областта на възможните значения на X_i трябва да удовлетворява условието за нормиране

$$\int_{\Delta\Omega_0} f(X_1, X_2, \dots, X_n) dX_1, dX_2, \dots, dX_n = 1. \quad (14)$$

В общия случай се включва също и зависимостта на тази функция от времето, т.е. уравнението за непрекъснатост

$$\frac{df}{dt} + \sum_{i=1}^n \frac{d}{dX_i} (\dot{X}_i f) = 0. \quad (15)$$

То изразява закона за запазване на броя на траекториите във фазовото пространство. Същественото е, че влизащата в уравнението за непрекъснатост производна $\dot{X}_i = \frac{dX_i}{dt}$ се определя чрез уравнението на изменение на състоянието на ергономичната система

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(X_1, X_2, \dots, X_n, t), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (16)$$

Това уравнение вече бе прието като уравнение на движение, на изменение на системата във времето.

Траекторията на изменение на състоянията се определя чрез (16), а плътността на вероятностите на ординатите на процеса чрез уравнение (15). Следователно функцията $f(X_1, X_2, \dots, X_n, t)$ може да се получи като решение на уравнението с частни производни (15). Необходимо е да бъдат изпълнени началните условия и условията за границата на областта на определяне на тази функция. Това става чрез решаване на съответната крайна задача, съставена на основание на уравнението за движение (16).

Изложеното налага да бъдат разгледани началните и крайни условия на задачата. Допускаме, че интензивността на действащите върху ергономичната система случайни въздействия се усилва. Усилването може да бъде с по-малка или с по-голяма интензивност. И в двата случая редът за търсене на решение ще бъде един и същ, но при по-интензивните въздействия влиянието на началните условия ще е по-силно. Разглеждаме случая на изменение на случайното въздействие от m_1 до m_2 , като $m_2 > m_1$ и $m_2(t) = \text{const}$. Тъй като в началния момент t_0 състоянието на ергономичната система е съвършено случайно, то ще се определя от статистическа съвкупност на изобразените точки (фиг.2) във фазовото пространство или чрез началната плътност на вероятностите $f_0(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Смустващото външно въздействие е случайно във времето. Същият характер ще имат състоянията на системата. Поведението на различните траектории на изменение ще се различават съществено. Въпреки това във времето съществува определена закономерност на изменение за областта Ω , която включва всички изобразени точки (фиг.2). Областта може да остане постоянна, да се разширява или да достига границата Γ на допустимата област Ω_D . При излизане на точка извън границите на тази област на фазовото пространство възниква вреда, следователно критично събитие-злополука или друг вид вредно събитие. Тук следва да се направи уточнението, че случайността на началните условия и действащите смущения допускат да има такива стойности на процеса на изменение на състоянията на ергономичната система, които за продължителен период от време остават в допустимата област, макар, че предварително да са известни случаи на такива смущения, които водят до критични ситуации.

Именно поради това разглеждаме само такива смущаващи въздействия, които водят до критично събитие, тъй като е необходимо да бъдат изведени критериалните оценки на тези състояния.

Известно е (Томов, 2005), че границите на областта на допустимите състояния са функция не само на параметрите на ергономичната система, но и на действащите ѝ смущения. Ето защо по-нататък ще разгледаме границите на устойчиво изменение на състоянията. В този случай неминуемо ще има колебания около някаква статична стойност $\theta_{зак}$ със скорост $\dot{\theta}_{max}$. Уравнението на състоянията на ергономичната система под действието на случайни въздействия може да се представи като

$$\begin{aligned} \frac{dX_i}{dt} &= \varphi_i(X_1, X_2, \dots, X_n, t) + \\ &\sum_{m=1}^n g_{em}(X_1, X_2, \dots, X_n, t) \psi_m(t), \\ i &= 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \quad (17)$$

където $\psi_m(t)$ са смущения от независими "бели шумове" в тесния смисъл на думата; φ_i и g_{em} - коефициенти.

При съставяне на (17) се предполага, че външните смущения имат различна интензивност и могат да бъдат получени чрез преобразуване на бял шум в някакво "формиращо устройство". Неговото уравнение на движение е добавено към уравнението на "движението" на ергономичната система. Ето защо в (17) X_I е характеристиката на изменението на ергономичната система и "формиращото устройство", което моделира съвместното действие на смущенията.

За да бъдат отчетени началните условия въвеждаме векторът $\bar{X}_0$, който е с координати $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}$. Векторът $\bar{X}(t)$ на състоянието на системата с координати $X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)$ съвпада с вектора $\bar{X}_0$ при $t = t_0$, където t_0 е началния момент.

При $t > t_0$ еволюцията на системата се описва чрез (15). $\dot{X}_I$ се замества с дясната част на (17) и се извършва стандартна процедура на преобразуване. При начално условие $f(\bar{X}, t) = \delta(\bar{X} - \bar{X}_0)$ се преминава към второто уравнение на Колмогоров за условната плътност на вероятностите $F(\bar{X}, t | X_0, t_0)$. Функцията на началното условие се решава чрез първото уравнение на Колмогоров.

Важно е обаче условието на границата на областта на допустимите състояния на задачата за възникване на вреда-критично събитие. Вредата не трябва да се допуска. Тогава точката, съответстваща на конкретна критична ситуация, не трябва да преминава граничната линия. Тази линия трябва да "погълне" точката на състоянието на ергономичната система. Процесът на поглъщане и неговото следствие, вероятността да не се достигне границата на областта Ω_g разглеждаме детайлно в (Томов, 2005). Съответства на определено гранично

условие. Вероятността $F(t | \bar{X}_0, t_0)$ за събитието, че системата ще се намира в точката $\bar{X}_0$, при $t = t_0$ и за интервала от t_0 до t няма да премине границата Γ на допустимите състояния Ω_g дефинираме като условна диференциална критичност. Получава се пълната вероятност да не възникне критично събитие, както и условното средно време на диференциалната критичност.

Заклучение

На основание на нов модел на опасностите, на диференциалните и интегралните им рискове се извежда определение за критичностите, критичните ситуации и събития в ергономичните системи. Определя се условната диференциална критичност и условното й средно време. По този начин аналитично се дефинират критичностите в производствените системи, позволяващи да бъдат ранжирани и да се обосноват подходящи решения за синтез на безопасността им.

Литература

- Томов, В. 2003. Относно опасността на производствените системи. Академия на Министерството на вътрешните работи. С., *Сборник Доклади на II научна конференция "Пожарната и аварийната безопасност-2003"*, 167-173.
- Томов, В. 2003. Теория на риска. Анализ и оценка на риска в производството. Русе, Русенски университет, 440 с.
- Томов, В. 2005. Морфологичен модел на риска в ерготехническите системи. С., *Сборник доклади III научна конференция "Пожарната и аварийна безопасност 2005"*, 31-37.

Препоръчана за публикуване от Редакционния съвет на Секция „Добив и преработка на минерални суровини“