

Ivo MILATA*, Zdeněk DVOŘÁK**, Lenka ROŠTEKOVÁ***

VYUŽITIE TEÓRIE HROMADNEJ OBSLUHY PRI DOSAHOVANÍ VYSOKEJ BEZPEČNOSTI PRÁCE V DOPRAVNEJ INFRAŠTRUKTÚRE

THE UTILIZATION OF QUEUEING THEORY IN REACHING HIGH-LEVEL OCCUPATIONAL SAFETY IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Abstrakt

Dopravná infraštruktúra má svoje vlastné špecifiká. Štatistiky uvádzajú viac ako 50 % pracovných úrazov práve v tieto oblasti. Vedecké metódy, ktoré by riešili tuto anomáliu, majú preto svoje opodstatnenie. Jednou z metód, ktorá rieši technickú bezpečnosť, je aplikácia teórie hromadnej obsluhy. Využitie uzatvoreného systému (M/M/n) je vhodné na organizáciu systémov údržby mechanizmov. Dáva do správneho pomeru náklady na údržbu s požiadavkami na bezpečnosť práce.

Abstract

Transport infrastructure has its own specificities. Statistics mention more than 50% workplace injuries occurring in this sphere. That is why scientific methods, which would solve this abnormality, are well founded. Bulk service theory application is one of methods solving the technical safety. The usage a closed (M/M/n) system is suitable for organisation of machine maintenance systems. The system presents maintenance costs and work safety requirements ratio.

Key words: transport, transport infrastructure, stochasticity, bulk service, work safety, workplace accidents, maintenance, maintenance modelling

Úvod

Pracovné prostredie sa neustále mení pod vplyvom nových technológií a zmien v ekonomických, sociálnych a demografických podmienkach. Týmto zmenám sa nevyhne ani oblasť dopravnej infraštruktúry. Dopravnú infraštruktúru tvorí obrovské množstvo dopravných prostriedkov, všetkých druhov dopravy vrátane zariadení na ich opravu a údržbu. Ďalej ju vytvárajú všetky komunikácie a ich vybavenie, obslužná technika, zabezpečovacia technika, bezpečnostné zariadenia a ďalšie zložky a mechanizmy, ktoré doprava využíva.

*doc. Ing., CSc., Katedra technických vied a informatiky Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Ulica 1. mája 32, 01026 Žilina, e-mail: Ivo.Milata@fsi.uniza.sk.

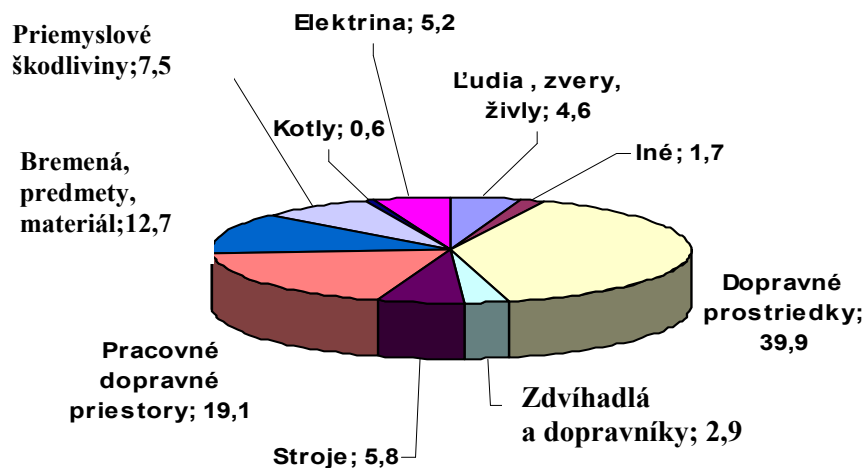
**doc.Ing., PhD., Katedra technických vied a informatiky Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Ulica 1. mája 32, 01026 Žilina, e-mail: Zdenek.Dvorak@fsi.uniza.sk

***PaedDr., Katedra technických vied a informatiky Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Ulica 1. mája 32, 010 26 Žilina, e-mail Lenka.Rostekova@fsi.uniza.sk

Toto odvetvie má oproti iným oblastiam výrazné špecifiká nielen v príprave a v organizácii, ale najmä vo vlastnej prevádzke a vo vykonávaní prác. Bezpečnostné požiadavky k vykonávaným činnostiam v tejto sfére sú natoľko rozsiahle, že si zasluhujú zvláštnu pozornosť[6].

Najdôležitejšie pre rozbor úrazových udalostí sú zdroje a príčiny ich vzniku. Zo štatistiky informačného systému ochrany práce SR vyplýva, že najviac prípadov z celkového počtu závažných pracovných úrazov, až 32,94 %, bolo v súvislosti s využívaním dopravných prostriedkov.

Aj štatistiky ČR uvádzajú podobné údaje. V roku 2004 bol podiel počtu smrteľných pracovných úrazov zapríčinených dopravnými prostriedkami takmer 40 %, ako je znázornené na obr.č.1.



Obr. č.1.

Do dopravnej infraštruktúry však čiastočne patria aj iné uvedené okruhy, takže celkový podiel je omnoho vyšší.

Z uvedených údajov vyplýva, že dopravná infraštruktúra je dlhodobo ťažiskovým zdrojom najzávažnejších pracovných úrazov.

Podrobný rozbor príčin pracovných úrazov poukázal na rast úrazov zavinených zlým technickým stavom zariadení. Vybavenie pracovísk je vo veľkom počte prípadov zastarané, obmena a údržba mechanizmov sa vykonáva nedostatočne. Pritom údržba zabezpečuje hospodárnosť, spoľahlivosť, pohotovosť a predovšetkým bezpečnú prevádzku zariadenia.

Údržba

Operačná analýza a bezpečnostné inžinierstvo venujú stále väčšiu pozornosť problémom údržby, do ktorej zahrňujeme ošetrovanie, bežné kontroly, bežné a generálne opravy a výmeny, a to najmä vzhľadom na ich veľkú dôležitosť pri ochrane zdravia pri práci.

Osobitne veľkú dôležitosť majú problémy údržby všade tam, kde sa používajú stroje, strojové zariadenia a dopravné prostriedky. To je typické pre dopravnú infraštruktúru. Pri modelovaní údržby je ťažisko úloh v problematike samotných procesov údržby. Nástrojmi modelovania sú metódy teórie obnovy a spoľahlivosti. S údržbou však súvisí aj mnoho iných činností, ako napríklad zabezpečenie pracovníkmi, náhradnými dielmi a materiálom.

Osobitným problémom je plánovanie údržby. Pri riešení týchto problémov sa používajú stochastické modely hromadnej obsluhy, modely zásob a sieťovej analýzy.

V systéme riadenia údržby je najdôležitejšia organizácia údržbárskej činnosti a informačný systém údržby. V závislosti od toho je možné stanoviť stratégiu údržby, to znamená stanoviť jednotlivé činnosti a orientovať ich časovo a priestorovo.

Obdobná situácia je aj v oblasti ochrany zdravia pri práci. Starostlivosť o zdravie by nemala neúmerne vyradovať pracovníkov z výrobného procesu, a zároveň by zdravotnícke zariadenia nemali ostať nevyužitú. Z hľadiska moderných metód riadenia je možné na túto oblasť aplikovať obdobné metódy ako na oblasť údržby.

Aplikácia teórie hromadnej obsluhy

Požiadavky na údržbu (zdravotnícky zásah) môžu prichádzať v rôznych časových intervaloch. Taktiež doba opravy (ošetrenia, liečby) môže byť náhodná. Preto na potrebné výpočty je vhodné použiť stochastickú metódu. Stochastické metódy uvažujú vo svojich výpočtoch s náhodnými faktormi. Preto majú uplatnenie pri riešení tých systémov, v ktorých sa niektoré činnosti vyskytujú náhodne, alebo náhodnú dobu trvania. Určenie kritérií a rozpracovanie matematických metód pre kvantitatívne vyjadrenie kvality práce systému rieši teória hromadnej obsluhy (THO).

THO je stochastická metóda operačnej analýzy, ktorá skúma uspokojovanie náhodne prichádzajúcich požiadaviek do systému obsluhy. Stanica obsluhy je vybavená stanicami obsluhy s náhodne trvajúcou dobou obsluhy. Takým zariadením môže byť aj systém údržby. V tom prípade požiadavkami sú nároky na údržbu alebo opravu a čaty opravárov, resp. miesta opravy sú stanicami obsluhy.

Vieme, že obsluha nemusí vždy stačiť ihneď uspokojiť vznikajúce požiadavky. Potom dochádza k prestojom. Príčiny tohto stavu môžu byť rôzne, avšak najčastejšie sú ovplyvnené nedostatočnou kapacitou systému obsluhy. Je zrejmé, že túto príčinu môžeme odstrániť rozšírením systému o ďalšie stanice obsluhy, alebo vhodnými opatreniami skrátiť dobu obsluhy. Ak však zväčšíme počet alebo kapacitu týchto staníc neúmerne, dôjde k zbytočnému plytvaniu, pretože nebudú dostatočne vytiažené. Preto je potrebné najskôr určiť optimálnu činnosť systému, a potom vypočítať kritériá kvality práce. Až na ich podklade môžeme pristúpiť k optimalizácii vybavenia systému.

Obsluha

V závislosti od charakteru obsluhy je možné určiť, že na obsluhu konkrétnej požiadavky je potrebný určitý čas t . V dôsledku celého radu dôvodov sa táto doba bude

náhodne meniť od požiadavky k požiadavke. V teórii hromadnej obsluhy sa na popis rozdelenia doby obsluhy najčastejšie používa exponenciálna funkcia.

Hustota

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \quad [1]$$

μ - parameter exponenciálneho rozdelenia

$$\mu = \frac{1}{t_{obs}} \quad [2]$$

t_{obs} - priemerná doba obsluhy jednej požiadavky (hod.)

Použitie exponenciálneho rozdelenia na výpočet doby obsluhy znamená rátať s veľkým počtom relatívne krátkych dôb obsluhy a menším počtom dlhých dôb. To je pri údržbe typické.

Vstup

Na popis rozdelenia príchodu požiadaviek sa používa Poissonovo rozdelenie. Dá sa konštatovať, že počet udalostí, ktoré nastanú v elementárnom vstupnom toku za časový interval dĺžky t označuje Poissonova náhodná premenná s parametrom λ .

λ je priemerný počet vstupov požiadaviek za jednotku času.

$$\lambda = \frac{1}{t_{vst}} \quad [3]$$

t_{vst} - v závislosti od typu systému, buď priemerná doba medzi vstupmi dvoch požiadaviek (hod.), alebo priemerná doba vstupu požiadavky do systému (hod.)

Vlastnosti elementárneho vstupného prúdu sú: stacionárnosť, beznáslednosť a ordinárnosť. Aj tieto vlastnosti sa dajú dobre aplikovať na problematiku údržby.

Poznámka: Vstupný parameter λ sa v rôznych systémoch počíta rôzne. Zatiaľ čo v systémoch s neobmedzeným počtom požiadaviek sa vychádza z intervalu vstupu (t_{vst}) medzi dvoma za sebou nasledujúcimi požiadavkami, v prípade systému s obmedzeným počtom požiadaviek je to interval medzi dvoma vstupmi rovnakej (tej istej) požiadavky do systému.

Teória hromadnej obsluhy určuje v prípade každého systému rôzne charakteristiky, ktoré spravidla predstavujú **kritériá efektívnosti**. Voľba charakteristík závisí predovšetkým od typu systému a musí podať obraz o kvalite obsluhy a stupni využitia prvkov systému. Napríklad v systémoch so stratami nás bude zaujímať pravdepodobnosť obslúženia požiadavky, počet neobslúžených (stratených) požiadaviek za určitý čas a stredný počet obsadených staníc obsluhy. V systémoch s čakaním nás bude zaujímať dĺžka fronty, doba čakania požiadavky na obsluhu a stredný počet neobsadených staníc obsluhy. Obdobné kritériá budú určujúce aj vo dvoch zmiešaných systémoch. Okrem týchto hlavných kritérií sa dajú určiť ešte ďalšie charakteristiky, ako je priemerný počet požiadaviek v systéme, pravdepodobnosť obsadenia systému určeným počtom požiadaviek, pravdepodobnosť, že čas čakania vo fronte bude dlhší alebo kratší ako určený čas, apod.

Jednotlivé charakteristiky majú v rôznych systémoch rôznu váhu pri posudzovaní efektívnosti systému. Konečné závery je potrebné vykonávať vo vzájomnej väzbe na všetky vypočítané ukazovatele s ohľadom na funkciu systému.

Na aplikáciu problematiky údržby a obnovy je vhodný **uzatvorený systém (M/M/n)** [1]

- požiadavky obmedzené
- stanice obsluhy obmedzené
- s čakaním

Poznámka: Za obmedzený (určitý) počet požiadaviek sa považuje menej než 10 – 12 požiadaviek. V opačnom prípade je výhodnejšie použiť systém s neohraničeným počtom požiadaviek.

Vstupy tohto systému sú: parameter vstupu λ , parameter obsluhy μ , počet staníc obsluhy n a počet požiadaviek m . V ďalšom je slovo pravdepodobnosť uvádzané ako p a priemerný ako Φ .

Jednotlivé charakteristiky sa vypočítajú podľa týchto vzťahov:

$$\text{Pomocná premenná} \quad \alpha = \frac{\lambda}{\mu} \quad [4]$$

$$p \text{ prázdneho systému} \quad P_o = \left[\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n! n^{k-n} (m-k)!} \right]^{-1} \quad [5]$$

$$p, \text{ ak je v systéme práve } k \text{ požiadaviek} \quad P_k = \frac{m! \alpha^k}{k!(m-k)!} P_o \text{ pre } 0 \leq k \leq n \quad [6]$$

$$P_k = \frac{m! \alpha^k}{n! n^{k-n} (m-k)!} P_o \quad \text{pre } 0 \leq k \leq m \quad [7]$$

$$\Phi \text{ počet čakajúcich pož.} \quad M1 = \sum_{k=n+1}^m (k-n) P_k = \sum_{k=n}^m \frac{(k-n) m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!} P_o \quad [8]$$

$$\Phi \text{ počet pož. v systéme} \quad M2 = P_o \left[\sum_{k=1}^n \frac{m! \alpha^k}{m-k)!} + \sum_{k=m+1}^m \frac{km! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!} \right] = \sum_{k=1}^m k P_k \quad [9]$$

$$\Phi \text{ počet nevyužitých staníc obsluhy} \quad M3 = \sum_{k=0}^{n-1} (n-k) p_k = n - \alpha(m - M2) \quad [10]$$

$$\Phi \text{ doba čakania na obsluhu} \quad T = \frac{M1}{\lambda(m - M2)} \quad [11]$$

$$\text{Koeficient prestoja požiadavky} \quad K_{pp} = \frac{M1}{m} \quad [12]$$

$$\text{Koeficient prestoja staníc obsluhy} \quad K_{ps} = \frac{M3}{n} \quad [13]$$

Aplikácia 1

Podnik nasadil na stavbu diaľnice 10 zemných strojov rovnakého typu. Stroje potrebujú po 100 prevádzkových hodinách údržbu v trvaní 6 – 8 hodín. Doba je závislá od vybavenia údržbárskej dielne.

Vedenie podniku zaujíma ako dielnu vybaviť alebo koľko dielní by mal podnik mať, aby tento systém dodržiaval bezpečnosť práce pri zachovaní hospodárnosti prevádzky.

Strojový výpočet [3],[4]

Systém HO - 4 (Uzatvorený - M/M/n/m; s frontom)						
Vstupy		Vstupy - A	Vstupy - B	Vstupy - C	Vstupy - D	Vstupy - E
Priemerná doba medzi dvoma vstupmi rovnakej požiadavky	Tvst	100	100	100	100	100
Priemerná doba obsluhy požiadavky	Tobs	8	8	10	10	6
Počet línií obsluhy	n	1	2	1	2	1
Počet požiadaviek vstupujúcich do systému	m	10	10	10	10	10
<i>Podmienka: m > n</i>						
Výpočty		Výpočty - A	Výpočty - B	Výpočty - C	Výpočty - D	Výpočty - E
Parameter vstupu (rovnakej požiadavky) = 1/Tvst	la	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Parameter obsluhy = 1/Tobs	mi	0,125	0,125	0,1	0,1	0,1667
Pravdepodobnosť, že v systéme nie je žiadna požiadavka	P0	0,321951	0,451749	0,214582	0,367955	0,459254
Stredná doba čakania vo fronte	Tf	9,985647	0,828156	17,320794	1,590178	4,957838
Priemerná dĺžka frontu	M1	0,846344	0,076098	1,360406	0,142502	0,446822
Priemerný počet požiadaviek v systéme	M2	1,524393	0,811201	2,145823	1,038638	0,987568
Priemerný počet požiadaviek mimo systém	M5	8,475607	9,188799	7,854177	8,961362	9,012432
Priemerný počet voľných línií	M3	0,321951	1,264896	0,214582	1,103864	0,459254
Priemerný počet obsadených línií	M4	0,678049	0,735104	0,785418	0,896136	0,540746
Pravdepodobnosť, že v systéme je "K" požiadaviek (0 <= k <= m)	K	2	1	3	2	1
	Pk	0,185444	0,361399	0,154499	0,16558	0,275552
Stredná doba pobytu požiadavky v systéme	Ts	17,985647	8,828156	27,320794	11,590178	10,957838
Koeficient prestoja požiadavky	Kpp	0,084634	0,00761	0,136041	0,01425	0,044682
Koeficient prestoja stanic obsluhy	Kps	0,321951	0,632448	0,214582	0,551932	0,459254

Tab. č. 1.

- Variant C strojného výpočtu (Tab. č.1), popisuje použitie 1 dielne slabo vybavenej. Výpočty poukazujú na nevhodné dimenzovanie systému. Stroje by čakali na údržbu viac ako 17 hodín. Priemerne 2,14 strojov by bolo v údržbe, alebo by na údržbu čakali.
- Keby bola dielňa o niečo lepšie vybavená a údržba by trvala len 8 hodín (variant A), bola by situácia o niečo lepšia. Ale aj tak by bolo čakanie na údržbu takmer 10 hodín a mimo prevádzky by ich bolo 15.2 % strojov.
- Varianty B a D strojného výpočtu popisujú situáciu po nasadení dvoch dielní a osemhodinovej, respektíve desaťhodinovej údržbe. Ukazovatele čakania a využitia strojov sa veľmi zlepšili. Podstatne sa však zhoršilo využitie dielní.
- Variant E predpokladá využívanie jednej dobre vybavenej dielne (čas údržby 6 hodín). V prevádzke by bolo nasadených v priemere viac ako 90% strojov. Aj využitie dielne je vyhovujúce.

Z výpočtov vyplýva, že optimálne by pracoval systém dimenzovaný podľa variantu E.

Aplikácia 2

Pracovisko na razenie cestných tunelov má 150 pracovníkov. Po 10 pracovných dňoch (80 pracovných hodinách) musí každý pracovník absolvovať zdravotnú prehliadku v trvaní 1 hodiny.

Vedenie podniku zaujíma dimenzia zdravotného strediska, kde sa budú vykonávať prehliadky.

Strojový výpočet

Systém HO - 4 (Uzatvorený - M/M/n/m; s frontom)					
Vstupy		Vstupy - A	Vstupy - B	Vstupy - C	Vstupy - D
Priemerná doba medzi dvoma vstupmi rovnakej požiadavky	Tvst	80	80	80	80
Priemerná doba obsluhy požiadavky	Tobs	1	1	1	1
Počet liniek obsluhy	n	1	2	3	4
Počet požiadaviek vstupujúcich do systému	m	150	150	150	150
<i>Podmienka: m > n</i>					
Výpočty		Výpočty - A	Výpočty - B	Výpočty - C	Výpočty - D
Parameter vstupu (rovnakej požiadavky) = 1/Tvst	la	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125
Parameter obsluhy = 1/Tobs	mi	1,0	1,0	1,0	1,0
Pravdepodobnosť, že v systéme nie je žiadna požiadavka	P0	0,0	0,054714	0,13595	0,151441
Stredná doba čakania vo fronte	Tf	69,0	2,893325	0,302605	0,060911
Priemerná dĺžka frontu	M1	69,0	5,173222	0,558294	0,112713
Priemerný počet požiadaviek v systéme	M2	70,0	6,961207	2,403253	1,963173
Priemerný počet požiadaviek mimo systém	M5	80,0	143,038793	147,596747	148,036827
Priemerný počet voľných liniek	M3	0,0	0,212015	1,155041	2,14954
Priemerný počet obsadených liniek	M4	1,0	1,787985	1,844959	1,85046
Pravdepodobnosť, že v systéme je "K" požiadaviek ($0 \leq k \leq m$)	K	2	1	3	2
	Pk	0,0	0,102588	0,146385	0,264429
Stredná doba pobytu požiadavky v systéme	Ts	70,0	3,893325	1,302605	1,060911
Koeficient prestoja požiadavky	Kpp	0,46	0,034488	0,003722	0,000751
Koeficient prestoja staníc obsluhy	Kps	0,0	0,106008	0,385014	0,537385

Tab.č.2.

- Variant A strojného výpočtu (Tab.č.2) popisuje situáciu, keď by sa vykonávala prehliadka na 1 mieste. Situácia by v tom prípade bola nevyhovujúca. Na prehliadku by priemerne čakalo 69 pracovníkov. Stredná doba čakania by bola 69 hodín. V prevádzke by pracovalo len 80 robotníkov.
- Variant B uvažuje s vykonávaním prehliadky na 2 miestach. Čakanie by sa znížilo na 2.89 hod. a čakalo by priemerne 5.17 pracovníkov. Do pracovného procesu by bolo zapojených 143 robotníkov.
- Keby sa vykonávala prehliadka na 3 miestach (variant C), bolo by v priemere mimo výrobný proces len 2.4 robotníkov a aj ostatné parametre sú prijateľné.
- Variant D popisuje situáciu pri využívaní 4 miest prehliadky. Počet pracovníkov zapojených do výroby sa síce nepatrne zvýšil, ale neúmerne narástol počet nevyužitých miest prehliadky.

Výpočet dáva jednoznačnú odpoveď na skúmanú dimenziu zdravotného strediska. Malo by byť vybavené tromi miestami prehliadky. Nesplnenie tejto podmienky bude mať za následok buď zmenšenie počtu pracovníkov zapojených do výrobného procesu, predimenzovanie zdravotného strediska, alebo zanedbanie zdravotníckej starostlivosti.

Poznámky:

- Na vyššie uvedené závery boli použité len niektoré z vypočítaných ukazovateľov. Výsledky strojného výpočtu zobrazujú celý rad ďalších dobre využiteľných výstupov, ako je stredná doba pobytu v systéme, koeficienty prestoja a ďalšie.

- Pre strojový výpočet bol využitý počítačový program THO zostavený s využitím Microsoftu Office Excel. Program bol zostavený a je k dispozícii na Fakulte špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline - Katedre technických a vied informatiky.

Záver

Bezpečnosť práce, ako hlavná súčasť pracovného a životného prostredia, patrí medzi dôležité úlohy každej vyspelej spoločnosti. Je potrebné vedecky rozpracovať a vytvoriť účinné systémy prevencie v technickej a pracovne hygienickej ochrane práce s cieľom zabrániť poškodzovaniu ľudského zdravia. Naplnenie cieľov vedy v oblasti bezpečnosti práce a minimalizácie rizík technických zariadení vyžaduje, aby sa aktivity v tejto oblasti rozvíjali rovnakým alebo väčším tempom ako v ostatných vedných odboroch, aby sa vyvíjali nové metódy a vedecky zdôvodnené riešenia.

Tato práca bola podporovaná agentúrou VEGA č.8/3329/06 a Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja č.APVV-20-002805

Literatúra

1. BRANDALÍK, F.; KLUVÁNEK, P. Operačná analýza v železničnej doprave. *Učebnica*. ALFA, Bratislava, 1986.
2. MILATA, I. Teorie hromadné služby ve vojenské dopravě. Skriptum. Vojenská fakulta VŠDS. Žilina 1992.
3. KAŠPAR, V., 2006: Využití THO v krizových situacích a BOZP. In: *Zborník z 9. vedecko-odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou LOGVD-2006*. Žilina, s. 120 - 126, ISBN 80-8070-606-9
4. BROŽ, M., LAZOVÝ, V., Excel 5.0 . Computer Press Brno 1997
5. TOMEK, M., REJZEK, M. : Nehody techniky - hrozba dnešnej doby. In : *Zborník z 5. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou "Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí"*, FŠI ŽU, Žilina, 2000, s. 277 -282, ISBN 80-88829-56-9
6. SEIDL, M., 2005 : Doprava v mimoriadnych a krízových situáciách. In: *I.konferencja naukowo-techniczna „Przewozy regionalne w Polsce - szanse i zagrożenia“*. Wrocław : Miedzynarodowa Wyzsza Szkola Logistyki i Transportu we Wroclawiu, 2005, s. 175-181, ISBN 83-89908-00-X
7. SVENTEKOVÁ, E., 2005.: Riziková analýza v dopravných systémoch, In: *Zborník z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou LOGI 2005, Pardubice*, Univerzita Pardubice, DFJP, str. 219-223, ISBN 80-86530-25-6.
8. SOUŠEK, R.: Krízové řízení v dopravě. *Učebnica*. Institut Jana Pernera,o.p.s 2002, Pardubice ISBN 978-80-86530-06-2.

Summary

Work environment has been continually changing under the influence of new technologies as well as changes in economic, social and demographic conditions. Transport infrastructure has not been excluded from these changes.

Statistics shows that transport infrastructure has for a long time been the main source of the most serious workplace accidents. Safety requirements necessary to perform activities in this sphere are so extensive that we should pay special attention to them.

Detailed analysis of workplace accidents' causes has shown the increase of accidents caused due to miserable technical state of machinery. Maintenance problems as well as health protection at work tasks are significant everywhere where machinery and transport means are used.

Stochastic models of bulk service are used to solve these problems. A closed system (M/M/n) is suitable for application of the models on maintenance and health provision tasks.

- limited requirements
- limited maintenance stations
- with the wait

The inputs of this system are: parameter of input λ , parameter of maintenance μ , number of maintenance stations n and number of requirements m .

Theory of bulk service is able to determine various characteristics, which generally represent efficiency criteria. When assessing system's efficiency one should take into account various levels of importance of individual characteristics. Final results' statements should consider mutual connection among all calculated indicators regarding the function of the system. At Two bulk service applications on a possible situation and machine enumeration in several versions as well as their evaluation are presented at the end of the paper.