

Ondrej CYPRICH, Štefan LIŠČÁK

OBNOVA VOZIDLOVÉHO PARKU V DOPRAVNEJ FIRME – VYBRANÉ PROBLÉMY

ÚVOD

Proces výraznej obnovy vozidlových parkov nákupom nových vozidiel v spoločnostiach Slovenskej autobusovej dopravy (SAD) bol zahájený postupným zavádzaním systémov manažérstva kvality (2004) v týchto spoločnostiach a neskôr aj legislatívnymi opatreniami NR SR. Pri zavádzaní SMQ si tieto spoločnosti často vytýčili ciele, ktorých účelom bolo zabezpečenie dobrého technického stavu vozidlového parku a z tejto skutočnosti vyplývajúceho poklesu medziročne vynechaných spojov z titulu technických porúch vozidiel. Obnova vozidlových parkov spoločností SAD realizáciou generálnych opráv vozidiel prevádzkovaných dopravcom bola značne obmedzená schválením zákona NR SR č. 43/2007 z. z. , ktorým sa mení a dopĺňa zákon NR SR č. 168/1996 Z. z. o cestnej doprave v znení neskorších predpisov. Kde článok I § 7 ods. 3 písm. a) dvanásteho bodu tohto zákona (nadobudol účinnosť k dátumu 1. 2. 2009) pojednáva o skutočnosti, že správny orgán (mesto, VÚC) môže v rozhodnutí o udelení dopravnej licencie žiadateľovi uložiť povinnosť vykonávať dopravu určeným druhom autobusu, ktorý nemôže byť starší ako 16 rokov. Prínosom tohto legislatívneho opatrenia malo byť zvýšenie bezpečnosti cestujúceho počas prepravy.

Limit definovaný zákonom ako i neustále rastúce náklady spojené s realizáciou generálnych opráv boli hlavnými dôvodmi postupného zániku tohto druhu obnovy vozidiel. Generálne opravy zvyčajne predĺžia životnosť vozidiel nad legislatívou definovanú hranicu 16 rokov. Skutočnosť pomerne vysokej hodnoty percentuálneho podielu vozidiel starších ako 16 rokov pred schválením zákona NR SR č. 43/2007 z. z. bola v rozpore so snahami spoločností byť pripravený na možné dôsledky vyplývajúce z ustanovení tohto zákona. Schválenie tohto zákona bolo motivačným krokom pre spoločnosti SAD k obnove vozidlového parku predovšetkým nákupom nových vozidiel. Plány obnovy vozidlových parkov boli navrhnuté tak, aby dopravné spoločnosti ku dňu nadobudnutia účinnosti tohto zákona prevádzkovali minimálny počet alebo žiadne vozidlá staršie ako 16 rokov. Väčšina spoločností SAD bola nepriamo donútená k výraznej obnove vozidlového parku v relatívne krátkom čase. Tieto investície zaťažili rozpočty dopravných spoločností, ale aj stabilitu prevádzky opravárenských stredísk zabezpečujúcich pravidelnú údržbu a opravy ich vozidiel. Cieľom tohto príspevku je charakterizovať možnosti eliminácie negatívnych dopadov na systém plánovanej údržby a opráv vozidiel prevádzkovaných v rámci spoločností SAD.

1. CHARAKTERISTIKA VPLYVU OBNOVY NA OBJEM OPRAVÁRENSKEJ PRODUKCIE

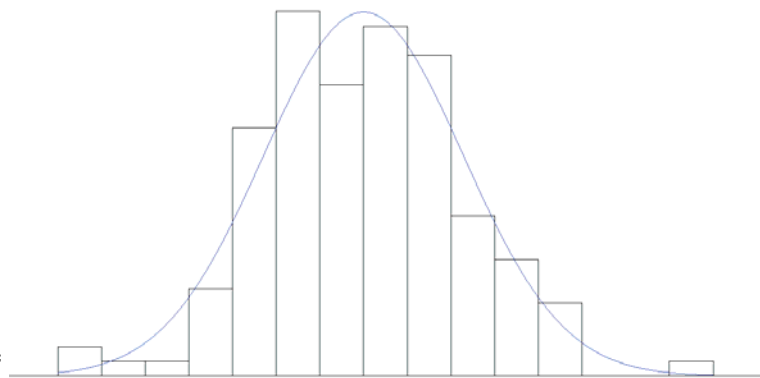
Negatívne dôsledky výraznej obnovy vozidlového parku vyplývajú z hromadného nákupu vozidiel a prvotného nasadzovania skupín nových vozidiel do prevádzky v rovnakom časovom okamžiku alebo v priebehu veľmi krátkeho časového intervalu. Následkom čoho v dôsledku nízkej hodnoty rozptylu denných jazdných výkonov vozidiel dochádza k periodicky opakujúcemu sa kolísaniu priebehu časového radu objemu opravárenskej produkcie príslušného servisného strediska. Veľkosť amplitúdy oscilujúcich hodnôt časového radu objemu opravárenskej produkcie je vo vzťahu k hodnote rozptylu denného jazdného výkonu vozidla silno negatívne korelovaná. Platí teda, že amplitúda časového radu objemu opravárenskej produkcie sa zvyšuje so znižujúcou sa hodnotou rozptylu denných jazdných výkonov vozidiel resp. naopak. Dôsledkom tohto dochádzalo v období po obnove vozidlového parku striedavo k príliš nízkemu využitiu kapacity servisného strediska alebo naopak vplyvom prudkého nárastu výkonov nad hranicu maximálnej kapacity k jeho preťaženiu. Tieto stavy sa striedali s určitou periodicitou, až kým vplyvom variability jazdných výkonov vozidiel nedošlo k postupnej stabilizácii priebehu časového radu denných objemov opravárenskej produkcie. Dĺžka trvania obdobia stabilizácie je ovplyvnená predovšetkým variabilitou (rozptýlenosťou) denných hodnôt jazdných výkonov vozidiel prevádzkovaných v príslušnom systéme. Aj v tomto prípade platí pravidlo, podľa ktorého sa so zvyšujúcou variabilitou jazdných výkonov jednotlivých vozidiel obdobie stabilizácie systému skraca resp. naopak. Z hľadiska popisu rozdelenia pravdepodobnosti empirických hodnôt denných jazdných výkonov vozidiel sa spomedzi bežných teoretických rozdelení pravdepodobnosti javí najvhodnejšie použitie obecného normálneho $N(190, 51.2)$ so strednou hodnotou denného jazdného výkonu $\mu_L = 190$ km a smerodajnou odchýlkou $\sigma_L = 51,2$ km. Uvedené parametre rozdelenia boli určené z empirických hodnôt jazdných výkonov 141 vozidiel prevádzkovaných spoločnosťou SAD Žilina a.s., preto je ich použiteľnosť obmedzená len pre potreby modelovania prevádzky tohto systému. Podrobnosti týkajúce sa funkcie hustoty pravdepodobnosti zvoleného teoretického rozdelenia náhodnej premennej denný jazdný výkon vozidiel spoločnosti SAD Žilina a.s. vid'. obr.1.

Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(190, 51.2)
Square Error: 0.005479

Chi Square Test
Number of intervals = 8
Degrees of freedom = 5
Test Statistic = 6.51
Corresponding p-value = 0.263

Data Summary
Number of Data Points = 141
Min Data Value = 33.5
Max Data Value = 368
Sample Mean = 190
Sample Std Dev = 51.4

Histogram Summary
Histogram Range = 33 to 368
Number of Intervals = 15

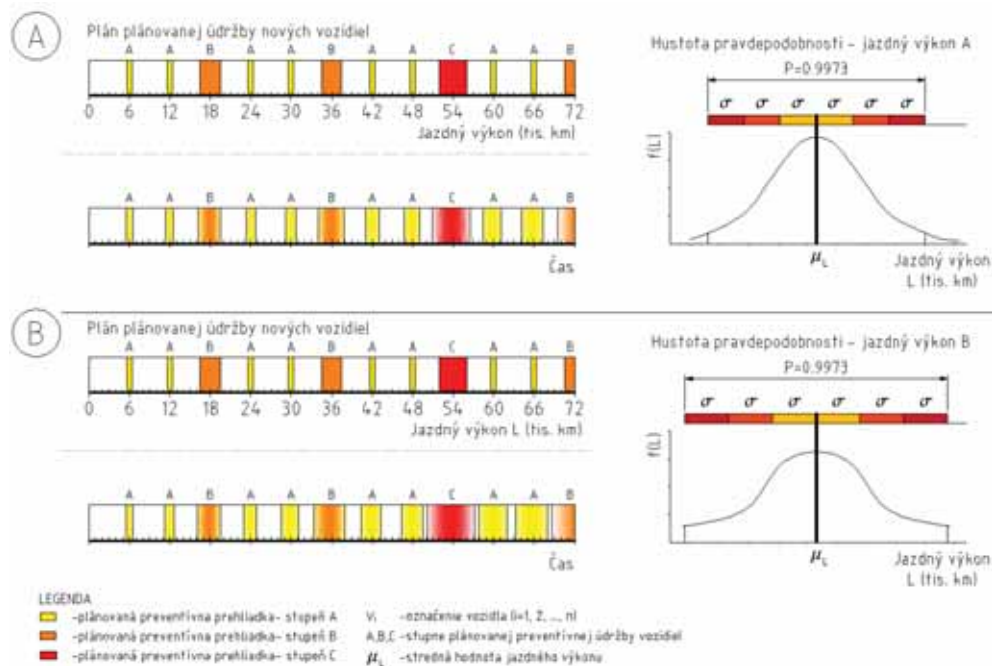


Obr. 1. Parametre funkcie hustoty rozdelenia pravdepodobnosti náhodnej premennej denný jazdný výkon vozidiel L (km)

Z dôvodov minimalizácie pravdepodobnosti vzniku technických porúch ovplyvňujúcich prevádzkyschopnosť vozidiel ako i uplatňovania podmienok záruky poskytovanej ich výrobcami je zrejmé, že dopravca sa snaží vozidlá sťahovať z prevádzky za účelom vykonania servisnej prehliadky vo vzťahu k jazdnému výkonu vozidiel v rámci viac-menej pevne stanovených intervalov (prehliadka A = 6000 ± 500 km, prehliadka B = 18000 ± 1500 km, prehliadka C = 54000 ± 2000 km). Nerovnomernosť hodnôt denných jazdných výkonov

dopravcom prevádzkovaných vozidiel spôsobuje výraznejšie časové rozptýlenie začiatkov realizácie servisných úkonov v porovnaní s rozptýlením začiatkov prehliadok vo vzťahu k jazdnému výkonu vozidiel. So zvyšujúcou variabilitou hodnôt denných jazdných výkonov vozidiel sa zvyšuje aj časová rozptýlenosť začiatkov realizácie opravárenských úkonov resp. naopak (rozptyl hodnôt jazdných výkonov vozidiel dopravcu A vid'. obr.2a vpravo je menší ako rozptyl tohto ukazovateľa dopravcu B vid'. obr.2b vpravo, platí $\sigma_{LA}^2 < \sigma_{LB}^2$). Rozloženie servisných prehliadok vozidiel vo vzťahu k jazdnému výkonu vozidiel ako i veku (času prevádzky) vozidiel charakterizujeme vo variantoch:

- s nízkou variabilitou (rozptylom) denného jazdného výkonu vozidiel (obr.2a),
- s vyššou variabilitou (rozptylom) denného jazdného výkonu vozidiel (obr.2b).



Obr. 2. Vplyv variability hodnôt jazdných výkonov vozidiel na plán údržby vozidiel

2. KVANTIFIKÁCIA DOPADOV OBNOVY VOZIDLOVÉHO PARKU

Kvantifikácia bola dosiahnutá simuláciou priebehu časového radu (ďalej len ČR) objemu opravárenskej produkcie od okamihu pred zaradením nových vozidiel do prevádzky až do cieľového obdobia. Problematika bola riešená súčasne kombináciou viackriteriálnej regresnej úlohy a simulačného modelu uzavretého systému hromadnej obsluhy. Riešením viackriteriálnej regresnej úlohy bol vytvorený regresný model, aplikáciou ktorého bol simulovaný priebeh ČR objemu opravárenskej produkcie realizovaného na vozidlách, ktoré neboli pri obnove nahradené vozidlami novými. Simulačný model na základe definovaného algoritmu generoval priebeh objemu opravárenskej produkcie pripadajúci na nové vozidlá zaradené do prevádzky.

2.1. Regresný model objemu opravárenskej produkcie

Časový rad objemu opravárenskej produkcie (normohodnín) predstavuje súbor chronologicky usporiadaných hodnôt, charakterizujúci vývoj daného ukazovateľa v čase. Jedná sa o ČR absolútnej veličiny, vzťahujúci sa k príslušným obdobiam (dňom). Hodnoty ČR boli získavané postupnou kumuláciou (sčítaním) čiastkových objemov opravárenskej produkcie, vyjadrených v časových jednotkách (normohodinách) počas dní prevádzky opravárenského strediska.

Pre potreby simulácie priebehu ČR denných objemov opravárenskej produkcie bolo nevyhnutné zabezpečiť, aby regresný model bol vytvorený z hodnôt pripadajúcich na vozidlá, ktoré nie sú predmetom obnovy vozidlového parku. Uvedené bolo dosiahnuté znížením pôvodných hodnôt ČR objemu opravárenskej produkcie o hodnoty pripadajúce na vozidlá, ktoré budú po obnove vyradené. Tieto úpravy ako aj iné, ktorých cieľom bolo zabezpečenie homogenity ČR boli vykonané späťne 60 pracovných dní od okamžiku vygenerovania prvej hodnoty objemu opravárenskej produkcie simulačným modelom. Bol tak vytvorený ČR s dĺžkou 60-tich hodnôt denných objemov opravárenskej produkcie¹ pripadajúceho na vozidlá, u ktorých sa predpokladalo, že budú v prevádzke aj po zaradení nových vozidiel do prevádzky (ďalej len P_{Ry}).

Voľba vhodného druhu regresnej úlohy je vo všeobecnosti podmienená poznaním typu analyzovaného ČR. Typ ČR analyzovaného ukazovateľa bol identifikovaný rozborom empirických hodnôt charakterizujúcich vývoj objemu opravárenskej produkcie strediska bežných opráv SAD Žilina (prevádzkareň Žilina). Pre dynamiku analyzovaného ČR P_{Ry} bol špecifický lineárny trend vývoja, denná sezónnosť (perióda 1 pracovný týždeň) a náhodnými vplyvmi (nevysvetlené zložky ČR). Pri tvorbe regresného modelu ČR P_{Ry} , bola z dôvodu konštantnej volatility tohto ČR použitá aditívna konštrukcia modelu. Zložky ČR aditívneho charakteru sa vyznačujú vzájomnou nezávislosťou. To znamená, že rastúci trend vývoja nespôsobuje rast sezónnej alebo náhodnej zložky ČR P_{Ry} . Aby bol regresný model navrhnutý korektne, jeho konštrukcia musela zohľadňovať identifikované vlastnosti v plnom rozsahu. Zvolený regresný model vychádza zo základnej konštrukcie krátkodobých ČR intervalových ukazovateľov aditívneho typu, pre ktoré platí:

$$Y = Tr + S + \varepsilon \quad (1)$$

kde:

- Y - hodnota modelovanej závisle premennej,
- Tr - trendová zložka časového radu,
- S - sezónna zložka časového radu,
- ε - náhodná zložka časového radu.

Tento základný vzťah bol ďalej rozvinutý do formy zohľadňujúcej charakteristické vlastnosti nami analyzovaného ČR P_{Ry} a na základe poznania empirických hodnôt ČR bol vytvorený ich regresný model v tvare:

$$\hat{P}_{Ry} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot t_y + \hat{b}_2 \cdot h_{2t} + \hat{b}_3 \cdot h_{3t} + \dots + \hat{b}_5 \cdot h_{5t} + \varepsilon_y \quad (2)$$

kde:

- \hat{P}_{Ry} - modelovaná hodnota ukazovateľa objemu opravárenskej produkcie (€/deň),
- \hat{b}_0 - východisková premenná udávajúca hodnotu závisle premennej \hat{P}_{Ry} v čase $y = 0$,
- \hat{b}_s - parameter vyjadrujúci konštantnú zmenu závisle premennej \hat{P}_{Ry} vyvolanú zvýšením hodnoty príslušných časových premenných $s = 1, 2, \dots, 5$,
- ε_y - náhodná zložka modelu obdobia $y, y = 1, 2, \dots, k$,
- t_y - poradové číslo obdobia (pozorovania) $y, y = 1, 2, \dots, k$,
- h_{5t} - sezónnosť zohľadňujúca alternatívna premenná $s = 1, 2, \dots, 5$,
- $\hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot t$ - trendová zložka modelu,
- $\hat{b}_2 \cdot h_{2t} + \hat{b}_3 \cdot h_{3t} + \dots + \hat{b}_{5t} \cdot h_{5t}$ - sezónnosť popisujúca zložka modelu.

¹ Objem opravárenskej produkcie 141 vozidiel prevádzkovaných spoločnosťou SAD Žilina a.s.

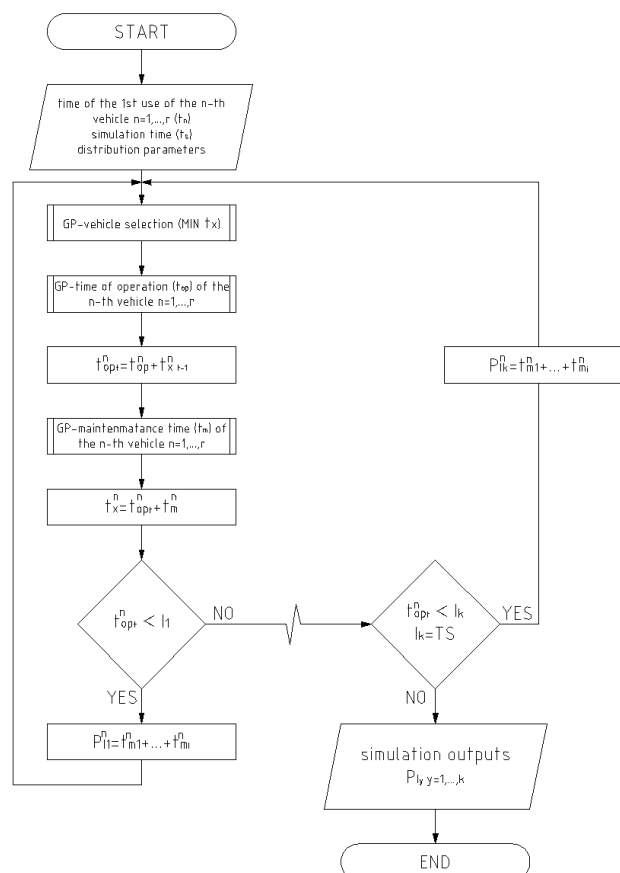
Vytvorený regresný model bol testovaný z hľadiska jeho štatistickej významnosti ako celku postupmi definovanými v literatúre (Mikolaj, 2005). Na základe potvrdenia štatistickej významnosti modelu ako celku bol tento model použitý na tvorbu prognózy neznámej hodnoty ukazovateľa objemu opravárenskej produkcie \hat{P}_{Ry} .

2.2. Simulačný model opravárenskej produkcie

Kvantifikácia ČR ukazovateľa objemu opravárenskej produkcie nových vozidiel zaradených do prevádzky pri obnove P_{Iy} (pre časové obdobie $y = 1, 2, \dots, k$) bola realizovaná simulačným modelom obr. 3. Navrhnutý model pozostáva z činností (generátory náhodných čísel, výpočtové a rozhodovacie bloky) systematicky usporiadaných a prepojených tak, aby jeho výstupom bol ČR P_{Iy} . Generátory (GP) počas simulácie generujú hodnoty:

- časov prevádzky vozidiel do vykonania opravárenského úkonu t_{op} ,
- práci oprávárenských úkonov (servisných prehliadok) t_m podľa teoretických rozdelení pravdepodobnosti týchto náhodných premenných.

Náhodná premenná (NP) čas prevádzky vozidla do vykonania opravárenského úkonu sa riadi podľa Gamma ($t_{op} \sim 54 + \Gamma(18, 3.2)$) a NP prácnosť opravárenského úkonu podľa Erlangovho rozdelenia ($t_m \sim 5 + \Gamma_{ERL}(0.923, 3)$). Posúdenie zhody empirických rozdelení hodnôt NP t_{op} a t_m ako i výber najvhodnejšieho teoretického rozdelenia pravdepodobnosti bolo vykonané v programovom vybavení *Arena input analyser*. Súčasťou výstupov tohto programového vybavenia boli aj hodnoty parametrov zvolených teoretických rozdelení pravdepodobnosti podrobnosti vid'. obr. 4-5.



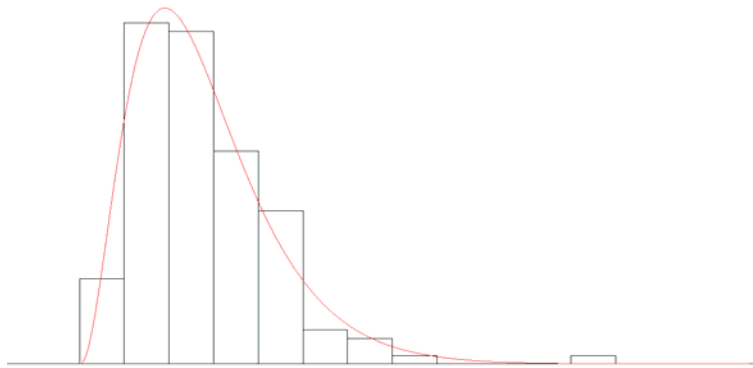
Obr. 3. Simulačný model procesu plánovanej údržby uzavretého systému hromadnej obsluhy servisného strediska spoločnosti SAD Žilina a.s. (dokonči popis blokov (čísla))

Distribution Summary
 Distribution: Gamma
 Expression: $54 + \text{GAMM}(18, 3.2)$
 Square Error: 0.001814

Chi Square Test
 Number of intervals = 6
 Degrees of freedom = 3
 Test Statistic = 3.54
 Corresponding p-value = 0.332

Data Summary
 Number of Data Points = 141
 Min Data Value = 54.4
 Max Data Value = 297
 Sample Mean = 111
 Sample Std Dev = 32.3

Histogram Summary
 Histogram Range = 54 to 365
 Number of Intervals = 15



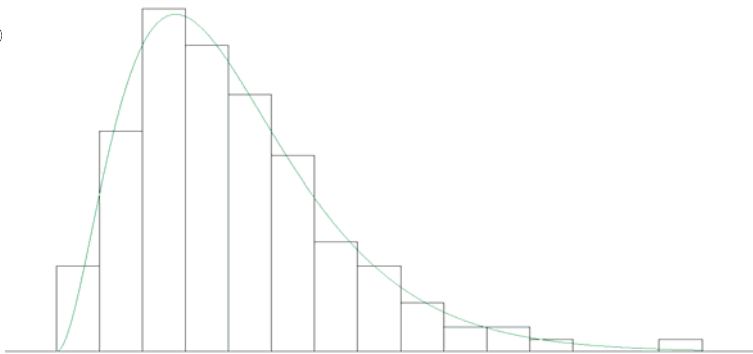
Obr. 4. Parametre funkcie hustoty rozdelenia pravdepodobnosti náhodnej premennej t_{op} (dni)

Distribution Summary
 Distribution: Erlang
 Expression: $5 + \text{ERLA}(0.923, 3)$
 Square Error: 0.000627

Chi Square Test
 Number of intervals = 7
 Degrees of freedom = 4
 Test Statistic = 0.289
 Corresponding p-value > 0.75

Data Summary
 Number of Data Points = 141
 Min Data Value = 5.09
 Max Data Value = 15
 Sample Mean = 7.77
 Sample Std Dev = 1.63

Histogram Summary
 Histogram Range = 5 to 15
 Number of Intervals = 15



Obr. 5. Parametre funkcie hustoty rozdelenia pravdepodobnosti náhodnej premennej t_m (hodiny)

Stručná charakteristika simulačného modelu

Vstupmi simulačného modelu sú časy prvého zaradenia jednotlivých vozidiel do prevádzky, celkový čas simulácie a parametre funkcií hustoty rozdelení pravdepodobnosti (náhodných premenných čas prevádzky vozidla do vykonania opravárenského úkonu (servisnej prehliadky) t_{op} a prácnosť opravárenského úkonu t_m).

V **bloku 1** algoritmu sú postupne vyberané vozidlá (požiadavky) s minimálnou hodnotou času prvého (opakovaného) vstupu vozidla (počet nových vozidiel $n = 1, 2, \dots, r$) do systému opravárenského strediska t_f (t_x). Pri výbere minimálnej z hodnôt časov prvého vstupu jednotlivých vozidiel do systému, generátor vyberá z hodnôt t_f a pri opakovaných vstupoch z hodnôt t_x . Pre q -tý vstup n -tého vozidla zvoleného na základe algoritmu v **bloku 1**, generátor náhodných čísel gamma rozdelenia generuje hodnotu t_{op} (**blok 2**). Súčtom t_{op} s hodnotou $t_{x(q-1)}$ predchádzajúceho $q-1$ vstupu n -tého vozidla do systému bude v **bloku 3** vypočítaná hodnota času začiatku realizácie opravárenského úkonu n -tého vozidla v období q -tého vstupu (t_{Opq}). Pre vozidlá prvýkrát vstupujúce do systému platí $t_x = t_f$. Generovanie hodnôt prácnosti opravárenského úkonu t_m je náplňou **bloku 4**. Hodnoty prácností opravárenských úkonov sú pre jednotlivé vozidlá systému hromadnej obsluhy generované generátorom hodnôt Erlangovho rozdelenia pravdepodobnosti. Času odchodu q -tého vstupu n -tej požiadavky (vozidla) z opravárenského strediska t_{xq} je daný súčtom t_{Opq} s t_{mq} vygenerovaného pre to isté vozidlo a obdobie vstupu (**blok 5**). V **rozhodovacom bloku 1** sa posudzuje, či hodnota času začiatku realizácie opravárenského úkonu t_{Opq} n -tého vozidla v období q -tého vstupu je menšia ako horná časová hranica intervalu I_1 (dňa). Pokiaľ je táto podmienka splnená, hodnota prácnosti opravárenského úkonu t_{mq} vykonaného na n -tom vozidle bude v **bloku 6** pripočítaná k celkovému objemu opravárenskej produkcie n -tého vozidla v období I_1 . Fiktívne n -té vozidlo už v čase t_{xq} (**blok 5**) opustilo servisné stredisko a bez ohľadu na skutočnosť, či splnilo podmienku **rozhodovacieho bloku 1** je nasadené do prevádzky. Požiadavka (vozidlo) so špecifickou časovou stopou t_x sa vracia do **bloku 1**, kde prebieha opätovný výber vozidla s minimálnou hodnotou $t_{x(q-1)}$ alebo t_f . Zvolené vozidlo n

prechádza blokmi 2-3-4-5 a R1, kde ak spĺňa podmienku, hodnota t_m je pripočítaná k hodnote P_{II} a vracia sa do **bloku 1**. V **bloku 1** dochádza k opätovnému výberu požiadavky a jej následnému prechodu cez bloky 2-3-4-5-R1-6 až do okamžiku, kedy už žiadna z požiadaviek nespĺňa podmienku **rozhodovacieho bloku 1**. Od tohto okamžiku budú rovnakým spôsobom posudzované jednotlivé požiadavky aj v nasledujúcom rozhodovacom bloku. Požiadavky sú cyklicky vybavované až do okamihu kedy t_x nijakej požiadavky nespĺňa podmienku rozhodovacieho bloku R_k , kde hraničná hodnota k -tého časového intervalu je rovná času simulácie TS.

Simuláciou procesu plánovanej údržby boli určené hodnoty ČR objemu opravárenskej produkcie P_{ly} pripadajúcej na nové vozidlá zaradzované do prevádzky vo variantoch:

- všetky vozidlá zaradené naraz,
- postupné nasadzovanie vozidiel,
 - jedno vozidlo/deň,
 - jedno vozidlo/2 dni.

Súčtom hodnôt generovaných simulačným a regresným modelom v príslušných obdobiach boli vypočítané hodnoty ČR celkového objemu opravárenskej produkcie v období po obnove vozidlového parku dopravcom. Pri výpočte hodnôt časového radu objemu opravárenskej produkcie bol použitý vzťah (3).

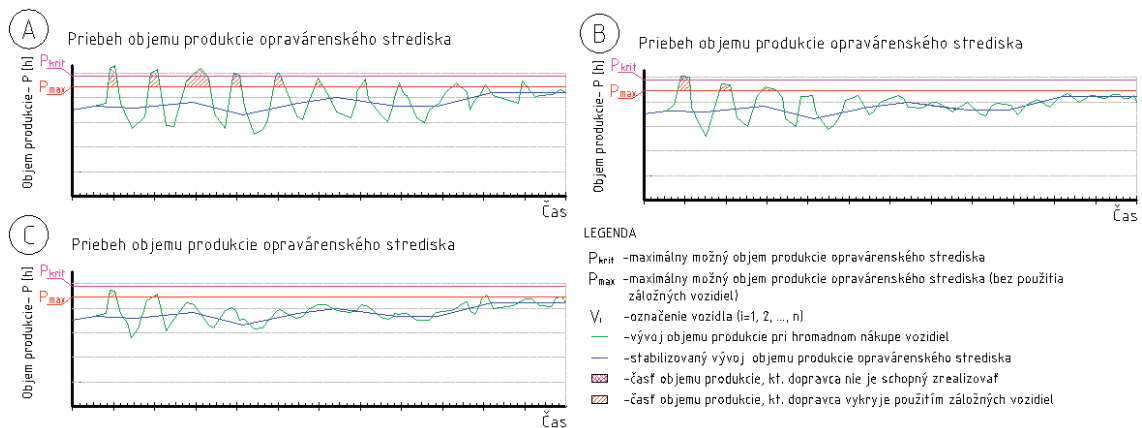
$$P_y^C = P_{ly} + P_{Ry}; \quad y = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

kde:

- P_y^C - hodnota celkového objemu opravárenskej produkcie v priebehu obdobia y ,
- P_{ly} - hodnota objemu opravárenskej produkcie generovaná simulačným modelom v priebehu obdobia y ,
- P_{Ry} - hodnota objemu opravárenskej produkcie určená aplikáciou regresného modelu v priebehu obdobia y .

3. ZHODNOTENIE

Grafickým výstupom modelovaných hodnôt celkového objemu opravárenskej produkcie P_y^C je trojica spojnicových diagramov (obr.6) charakterizujúcich priebehy tohto ukazovateľa v čase. Priebeh P_y^C pri nasadení vozidiel do prevádzky v rovnakom časovom okamžiku popisuje diagram A. V tomto prípade vývoj hodnôt P_y^C výrazne presahuje kapacitu opravárenského strediska. Ohrozená je stabilita prevádzky opravárenského strediska ako aj prevádzky-schopnosť vozidiel dopravnej spoločnosti. Dopravca v tomto prípade stráca možnosť pokrytia výpadkov vozidiel záložnými z dôvodu prekročenia hodnoty P_{krit} (obr.6 ružová krivka). Obdobie stabilizácie systému plánovanej údržby a opráv je podstatne dlhšie v porovnaní s postupným nasadzovaním nových vozidiel do prevádzky. Diagramy B a C zobrazujú hodnoty ČR P_y^C pri postupnom nasadzovaní nových vozidiel do prevádzky (diagram B – vozidlo/deň, diagram C - vozidlo/2dni). Priebeh P_y^C je v týchto prípadoch evidentne plynulejší a pre systém plánovanej údržby je tento spôsob nasadzovania vozidiel výhodnejší.



Obr. 6. Priebehy simulovaných časových radov ukazovateľa P_y^C

ZÁVER

Z hľadiska stability prevádzky systému plánovanej údržby a opráv vozidiel spoločnosti SAD Žilina a.s. je najvhodnejšie vozidlá pri obnove nasadzovať do prevádzky postupne s čo najväčšou hodnotou časového odstavu medzi jednotlivými nasadeniami vozidiel. Priebeh ČR objemu opravárenskej produkcie pri tomto spôsobe zaradzovania nových vozidiel do prevádzky sa vyznačuje nízkou hodnotou amplitúdy oscilácií hodnôt tohto ČR. So zvyšovaním hodnoty časových odstupov medzi nasadzovaním jednotlivých nových vozidiel sa však zvyšujú náklady dopravcu vyplývajúce z ich prestojov. Je úlohou technického manažmentu dopravných spoločností organizovať obnovu vozidlového parku tak, aby bola zachovaná plynulosť prevádzky dopravnej spoločnosti a opravárenského strediska a zároveň nebola ohrozená finančná stabilita dopravnej spoločnosti.

Recenzent: prof. dr hab. inž. Henryk Komsta

Autorzy:

inž. Ondrej CYPRICH - Žilinská Univerzita

prof. dr hab. inž. Stefan LIŠČÁK - Žilinská Univerzita