

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

Evidenčné číslo: 104005/I/2020/36122163744310532

Aplikácie modelov obnovy vo vnútropodnikovom manažmente výroby

Diplomová práca

2020

Bc. Boris Galbavý

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

**Aplikácie modelov obnovy vo vnútropodnikovom manažmente
výroby**

Diplomová práca

Študijný program: manažment výroby a logistika

Študijný odbor: ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: Katedra manažmentu výroby a logistiky

Vedúci záverečnej práce: Ing. Mgr. Júlia Rakovská, PhD.

Bratislava 2020

Bc. Boris Galbavý

Pod'akovanie

Chcem sa pod'akovať svojej školiteľke Ing. Mgr. Júlii Rakovskej, PhD. a odbornému konzultantovi Matúšovi Sobotovi za odbornú pomoc a usmernenie pri písaní mojej práce. Obom za cenné rady a informácie, za trpezlivosť a v neposlednom rade za ochotu spolupracovať

ABSTRAKT

GALBAVÝ, Boris: *Aplikácia modelov obnovy vo vnútropodnikovom manažmente výroby*. Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta podnikového manažmentu; katedra manažmentu výroby a logistiky. – Vedúca záverečnej práce: Ing. Mgr. Júlia Rakovská, PhD. – Bratislava: FPM EU, 2020, 68 s.

Cieľom záverečnej práce je prostredníctvom aplikácie modelov obnovy vo vnútropodnikovom manažmente výroby, navrhnúť zlepšenia procesu obnovy v konkrétnej spoločnosti. Práca je rozdelená do štyroch kapitol. Obsahuje jedenásť obrázkov, štrnásť tabuliek a sedem grafov. Prvá kapitola charakterizuje teóriu obnovy, spôsoby obnovy a teoretické modely obnovy rozdelené na modelovanie obnovy v závislosti od nákladov a diskkrétne modely obnovy. Ďalšia kapitola charakterizuje cieľ záverečnej práce, ktorý je rozdelený na niekoľko čiastkových cieľov. Tretia časť práce sa zaoberá výskumnými metódami použitými v celej práci. Táto kapitola tiež obsahuje charakteristiku objektu skúmania, pracovné postupy a spôsoby získavania údajov. Štvrtá kapitola popisuje výsledky práce. Jej obsahom je optimalizácia nákladov preventívnej obnovy, predpoveď celkových nákladov na obnovu nástrojov a určenie času kontroly výrobného procesu. Výsledkom práce je analýza súčasného stavu procesu obnovy nástrojov klinčovacieho zariadenia v skúmanej spoločnosti, nájdenie nedostatkov a príležitostí na zlepšenie.

Kľúčové slová:

obnova, objekt, modely obnovy, životnosť, porucha, klinčovanie, údržba, oprava

ABSTRACT

GALBAVÝ, Boris: *Application of Innovation Models in the Intradepartmental Production Management*. - University of Economics in Bratislava. Faculty of Business Management, Department of Production and Logistics Management. – Head of the diploma thesis: Ing. Mgr. Júlia Rakovská, PhD. - Bratislava: EU FBM, 2020, 68 p.

The aim of the final thesis is to suggest improvements to the innovation process in a particular company through the application of innovation model in the intradepartmental production management. The work is divided into four chapters. It contains eleven pictures, fourteen tables and seven graphs. The first chapter characterizes the innovation theory, methods of innovation, innovation model which are divided into innovation models depending on costs and discrete models of innovation. The next chapter is characterizing the aim of the final thesis which is divided into several sub-goals. The third part of the thesis deals with methods that are used for research throughout the thesis. This chapter also contains the characteristics of the research object, working procedures and methods of data acquisition. The fourth chapter is describing the results of the thesis. The content of the chapter is the cost optimization of preventive innovation, forecast of the total innovation costs of tools and to identify the best time for control of the production process. The result of the thesis is analysis of the current state of the tools innovation process for the clinching machine in the researched company, finding of deficiencies and opportunities for improvement.

Keywords:

renewal, object, innovation models, operating life, failure, clinching, maintenance, repair

Obsah

Úvod.....	9
1 Prehľad súčasného stavu riešenej problematiky	10
1.1 Teória obnovy	10
1.2 Praktické spôsoby obnovy.....	12
1.3 Teoretické modely obnovy.....	13
1.3.1 Základné charakteristiky procesov obnovy	13
1.4 Nákladový prístup modelovania obnovy	17
1.4.1 Modelovanie obnovy na základe nákladov vynaložených na údržbu	18
1.4.2 Modelovanie obnovy na základe nákladov súvisiacich s údržbou a poruchou ...	20
1.4.3 Modelovanie obnovy v súvislosti s plánovanými a neplánovanými nákladmi na obnovu	21
1.5 Diskrétné modely obnovy	25
1.5.1 Diskrétny model s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou.....	26
1.5.2 Diskrétny model s nehomogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou.....	29
1.5.3 Diskrétné modely rozšírenej obnovy.....	30
2 Cieľ práce.....	33
3 Metodika práce a metódy skúmania	34
3.1 Charakteristika objektu skúmania	34
3.2 Pracovné postupy	34
3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje.....	34
3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov	35
4 Výsledky práce a diskusia.....	37
4.1 Predstavenie spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia	37
4.2 Predstavenie skúmaného objektu	40
4.3 Procesy údržby pre obnovu nástrojov	42
4.3.1 Kontrola nástrojov	43
4.3.2 Údržba a obnova nástrojov	48
4.4 Aplikácia modelov obnovy	51
4.4.1 Ekonomické aspekty obnovy nástrojov	52
4.4.2 Modelovanie preventívnej obnovy v určitom veku.....	55

4.4.3 Modelovanie optimalizácie obnovy s kontrolou výrobného procesu.....	60
Záver	64
Zoznam použitej literatúry	66

Úvod

Modely obnovy sú praktickým východiskom teórie obnovy, ktorá skúma problematiku výmeny strojov alebo zariadení po ich zlyhaní. Hlavným ekonomickým efektom aplikácie týchto modelov je optimalizácia nákladov a zníženie rizík spojených so zlyhaním objektov. V súčasnosti pri hroziacej hospodárskej kríze význam optimalizácie nákladov na prevádzku stúpa. Pri dnešnej vysokej výkonnosti zariadení kritické určiť čas ich preventívnej obnovy či zlyhania, pretože každé neplánované zlyhanie zariadenia vytvára podniku nemalé straty.

V diplomovej práci sa zaoberáme problematikou aplikácie modelov obnovy vo vnútropodnikovom manažmente výroby nami vybranej spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia, s. r. o. Cieľom tejto práce je predstaviť možnosti zlepšenia procesov obnovy vo výrobných spoločnostiach prostredníctvom aplikácie údajov, ktoré sú výsledkami modelov obnovy.

V prvej časti práce vysvetľujeme teoretické hľadisko teórie obnovy, praktické spôsoby obnovy a prístupy operačnej analýzy k modelovaniu obnovy. Rozdeľujeme modely obnovy na modely obnovy v závislosti od nákladov a diskkrétne modely obnovy.

V druhej kapitole opíšeme hlavný cieľ nášho výskumu a jeho sekundárne ciele. Tretia kapitola sa bude zaoberať popisom použitých výskumných metód v praktickej časti.

V časti diplomovej práce s názvom „výsledky práce a diskusia“ predstavíme vybranú spoločnosť Inalfa Roof Systems Slovakia a sledovaný proces obnovy zariadení. Zameriame sa na obnovu dvoch typov nástrojov, podliehajúcich opotrebeniu, používaných na klinčovacom zariadení. Výskumná časť práce je zameraná na identifikáciu súčasného stavu procesu obnovy nástrojov a definovanie jeho nedostatkov a prípadných zlepšovacích návrhov. Následne sa budeme venovať modelovaniu preventívnej obnovy nástrojov s cieľom špecifikovať najvhodnejší vek nástroja pre vykonanie výmeny za nový. V tejto kapitole tiež predpovedáme vývoj celkových nákladov obnovy pre skúmané objekty a určujeme najefektívnejší čas kontroly výrobného procesu podľa rizika zlyhania klinčovacích nástrojov. Na výpočet dosiahnutých údajov sme použili program MS Excel.

Záver tejto práce je venovaný stručnému popisu dosiahnutých výsledkov, ktoré sú v celej práci prezentované vo forme tabuliek grafov, a zhrnutiu navrhnutých riešení.

1 Prehľad súčasného stavu riešenej problematiky

1.1 Teória obnovy

Pôvod teórie obnovy možno hľadať v poistnej matematike už v 17. storočí. Teória obnovy ako taká sa zaoberá modelovaním systémov a ich prvkov, v ktorých dochádza k zlyhaniu bez akejkolvek príčinnej súvislosti, a následnému nahradeniu novým.

Kvalita prvkov systému definuje aj kvalitu jeho činnosti. Ak sú jednotlivé prvky systému narušené, rovnako tak systém samotný nevykazuje bezchybnú činnosť, prípadne zaniká úplne. Úlohou obnovy je výmena týchto prvkov, bez toho, aby bola narušená činnosť systému. Toto narušenie vieme ekonomicky vyjadriť ako stratu a obnovu prvkov ako určité náklady. Zmyslom teórie obnovy je teda nájsť taký spôsob, pri ktorom je z ekonomického pohľadu najnižšia strata.

Medzi základné pojmy teórie obnovy priradujeme:

- **prvok** – predmet, ktorý podlieha skúmaniu,
- **porucha** – nepriaznivá zmena stavu prvku, znemožňujúca ďalšie použitie,
- **obnova** – výmena prvku za nový,
- **životnosť prvku** – doba počas ktorej prvok nevykazoval poruchovosť.¹

V teórii obnovy strojov a zariadení vo výrobe, ide teda o úlohu výmeny prvku, ktorý podlieha opotrebovaniu alebo zlyhaniu v dôsledku používania. Obnova strojov je súčasťou údržby, teda sa ňou zabezpečujú najmä opravy alebo vrátenie strojov do výrobnjej prevádzky. Ďalšou možnosťou je, že výrobný systém podľahne morálnemu zastaraniu. V tomto prípade už obnova nepatrí úplne do údržby, ale je súčasťou vývoja podniku, jeho modernizácie a stratégie. Rozhodnutie, či stroj modernizovať alebo kompletne obnoviť je pre výrobný podnik veľmi riskantné. Toto riziko je prebraté spolu s niekoľkými inými

¹ SKŘIVÁNKOVÁ, Valéria - HANČOVÁ, Martina. *Náhodné procesy a ich aplikácie* [elektronický zdroj]. 2. doplnené vydanie. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2018. online. 105 s. [cit. 2020-04-28]. ISBN 978-80-8152-604-6. Dostupné na: <https://unibook.upjs.sk/img/cms/2018/pf/nahodne-procesy-web.pdf>

parametrami, a z neho vychádza rozhodnutie vydané najčastejšie vrcholovým manažmentom.²

V teóriách obnovy rozdeľujeme úlohy na dve základné skupiny:

A. Obnova stroja, ktorého úžitkovosť klesá. Medzi dôvody na výmenu zastaraného zariadenia patrí:

- a. zariadenie svojím výkonom už nedosahuje aktuálne požiadavky,
- b. morálne zastaranie, napriek vyrovnanému výkonu,
- c. opravy stroja už vytvárajú príliš vysoké náklady,
- d. pokles výkonu, s tým súvisiace zvýšenie nákladov na jednotku výroby,
- e. zlúčenie predchádzajúcich bodov.

B. Výmena jednotlivých prvkov stroja, z dôvodu zlyhania. V prípade väčšieho počtu rovnakých alebo podobných prvkov, je možné použiť niektorú z nasledujúcich možností:

- a. Opravy zariadenia len v prípade zlyhania prvku:
 - i. výmena iba nefunkčného prvku,
 - ii. kontrola prvkov podobného druhu, v prípade poruchy výmena,
 - iii. výmena všetkých podobných prvkov za nové.
- b. Pravidelná kontrola zariadenia s výmenou príliš opotrebovaných prvkov.
- c. Výmena všetkých prvkov v pravidelných intervaloch, nezávisle na ich opotrebení.³

Obnovu strojov možno tiež rozdeliť podľa spôsobov riešenia problémov s renováciou na:

- **teoretické** – metódy operačného výskumu, ktoré sa zaoberajú hospodárnosťou, výmenou zariadení a ich závislosťami s opotrebovaním a udržateľnosťou produktivity.

² VALENČÍK, Štefan - BOSAK, Martin. Teória a prax obnovy strojov. *Podniková revue: vedecký časopis Podnikovohospodárskej fakulty Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach*. Košice: Podnikovohospodárska fakulta EU so sídlom v Košiciach, 2012, 11(24), 58-69. ISSN 1335-9746.

³ ŽIŽKA, Miroslav. *Teória obnovy I.: Materiály pre výuku* [online]. Liberec: Ekonomická fakulta TU Liberec, 2010, s. 2-3. [cit. 2020-04-29]. Dostupné na:
http://multiedu.tul.cz/~miroslav.zizka/multiedu/Teorie_obnovy_1.pdf

- **praktické** – praktické kroky obnovy stroja a opravy nielen fyzického, ale aj morálneho opotrebenia.⁴

1.2 Praktické spôsoby obnovy

Praktické spôsoby obnovy, ktoré sa zameriavajú na technickú realizáciu možno rozdeliť do štyroch základných skupín:

- **modernizácia** – ide o vylepšenie stroja nemeniace jeho charakter. Jej účel, je najmä kvalitatívne zlepšiť zariadenie.
- **rekonštrukcia** – úprava stroja, ktorá trvalo mení jeho podstatu,
- **výmena prvkov, modulov a kompletov strojov** – menej náročný spôsob, používaný v prípade reštrukturalizácie výroby,
- **abgreaty** – ide o výmenu modulu. Tento spôsob sa využíva v prípade, že náklady na výmenu za nový sú porovnateľné s opravou. Rozdiel oproti výmene prvkov, je v tom že nový modul poskytne aj rozšírené funkcie.⁵

Aplikáciu praktických spôsobov obnovy vo výrobných podnikoch zaobstaráva spravidla oddelenie údržby. Úlohou údržby je vykonávať činnosti zabezpečujúce schopnosť zariadení vykonávať svoju prácu a z ekonomického hľadiska aj efektívnu prevádzku objektov výroby. Údržba vo všeobecnosti vykonáva dva druhy činností:

- **preventívna údržba** – jej účelom je zabezpečiť, aby sa objekt udržal v prevádzke,
- **nápravová údržba** – úlohou je navrátiť objekt späť do bezporuchového stavu.⁶

Pri procese obnovy prvkov v obrábacích zariadeniach používajúcich umelú inteligenciu možno dôjsť k týmto trom spôsobom obnovy hodnoty zariadenia:

- udržiavanie aktuálnej hodnoty zariadenia a odložiť drobné vylepšenia na neskôr,

⁴ VALENČÍK, Štefan - BOSAK, Martin. Teória a prax obnovy strojov. *Podniková revue: vedecký časopis Podnikovohospodárskej fakulty Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach*. Košice: Podnikovohospodárska fakulta EU so sídlom v Košiciach, 2012, **11**(24), 58-69. ISSN 1335-9746.

⁵ VALENČÍK, Štefan - BOSAK, Martin. Teória a prax obnovy strojov. *Podniková revue: vedecký časopis Podnikovohospodárskej fakulty Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach*. Košice: Podnikovohospodárska fakulta EU so sídlom v Košiciach, 2012, **11**(24), 58-69. ISSN 1335-9746.

⁶ MURÍN, Adolf – GREŇČÍK, Juraj – STUHLÝ, Vladimír. *Organizácia údržby a údržbové systémy*. Žilina: Žilinská univerzita, 2007. s. 17-24. ISBN 978-80-8070-667-8.

- zvýšiť hodnotu zariadenia použitím nevyhnutných vylepšení,
- vytvoriť najvyššiu hodnotu zariadenia zaobstaraním nového zariadenia.⁷

Optimalizáciou procesov obnovy objektov, ktoré vykonáva údržba, je možné vytvoriť interný zdroj podniku, ktorý napomáha zvyšovať jeho ekonomickú efektívnosť a tým aj pozíciu na trhu. Výsledky pri použití obnovy v údržbe a pri dosahovaní optimálnej životnosti objektov vytvárajú základy pre vhodné plánovanie technických a ekonomických zdrojov spoločnosti.⁸

1.3 Teoretické modely obnovy

Neustále napredujúca inovačná úroveň výroby vytvára problémy v súvislosti s primeraným využitím strojov, ich modernizáciou a rekonštrukciou. Je dôležité si vymedziť rozdiely medzi preventívnym inovovaním a renováciou, zabezpečujúcou bezchybnú prevádzku, nízke náklady, vysoké vyrobené množstvá a medzi omeškaným riešením, ktoré prináša straty, vysoké náklady na opravy a servis starých strojov.

Teória obnovy sa zaoberá matematickými vzťahmi medzi prvkami obnovy, ktoré podliehajú neočakávanému zlyhaniu a je potrebné ich nahradiť novými prvkami. Príkladom pre tieto prvky môžu byť v našom prípade stroje a zariadenia používané vo výrobnom podniku.

1.3.1 Základné charakteristiky procesov obnovy

Pri optimálnom využívaní výrobných strojov vznikajú neustále problémy súvisiace s ich obnovou a modernizáciou. Je preto nutné zosúladiť niekoľko zložiek podniku ako preventívnu obnovu, výskyt chýb, náklady na chod zariadení a produkciu výroby, aby sa zaobstarala najefektívnejšia prevádzkyschopnosť výrobných zariadení.

⁷ ALBU, Adriana – RUSSET, Vasile et al. *Analysys and development of technology's value model for machine tool renewal management*. In: Annals of DAAAM for 2009 & Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium [online]. Vienna: DAAAM International, 2009, vol. 20, pages 1829-1830. ISBN 978-3-9015.

⁸ VALENČÍK, Štefan. *Účinnosť politiky údržby a obnovy strojov*. In: Řízení a údržba průmyslového podniku [online]. Košice: Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta. 2014. ISSN 1803-4535. Dostupné na: <http://udrzbaopodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/ucinnost-politiky-udrzby-a-obnovy-strojov/>

Rozličné modely obnovy možno rozdeľovať z viacerých hľadísk. Podľa vstupných charakteristík možno modely rozlišovať nasledovne:

- **modely obnovy v podmienkach istoty** – na základe týchto modelov posudzujeme, či je výhodné obnovovať doterajšie zariadenia a vymedzujú životnosť prvkov. Najčastejšie určujú v akom veku je vhodné nahradiť zariadenie novým, vzhľadom k nákladom.
- **modely obnovy v podmienkach rizika** – sú zamerané na obnovu objektov, ktoré sú poruchové.⁹

Modely obnovy možno rozlišovať podľa časového obdobia v ktorom sa uskutočňujú na **procesy spojitaj obnovy**, kde sa modeluje v náhodnom časovom rozmedzí, alebo na **procesy diskkrétnej obnovy**, kde sa modeluje obnova iba na závere časových intervalov.

Matematický aparátom teórie obnovy je množstvo pravdepodobných veličín a náhodných neznámych. V prípade súboru rovnakých prvkov, ktoré z dôvodu nefunkčnosti podstupujú obnovu a kvôli tomu sú nahradzované novými prvkami, medzi rozhodujúce znaky zaradujeme:¹⁰

- A. $p(t)$ – pravdepodobnosť zlyhania prvku v čase t . Jedná sa o pravdepodobnosť, v ktorej prvok, vybraný bez akýchkoľvek príčinných súvislostí, zlyhá pred dosiahnutím doby $t+1$ a.¹¹

$$p(t) = \frac{E_{(t)} - E_{(t+1)}}{E_{(0)}} \quad (1.1)$$

kde

t – čas prvku,

$E_{(t)}$ – počet prvkov fungujúcich v čase t .

⁹ VALENČÍK, Štefan. *Modelovanie, kvantifikácia a stratégia obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2009, č. 14, s. 204-207. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/14-2009/pdf/204-207.pdf>

¹⁰ VALENČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>

¹¹ VALENČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>

- B. $p_{(T>t)}$ – pravdepodobnosť prežitia času t^{12} . Vyjadruje pravdepodobnosť v ktorej prvok, vybraný bez akýchkoľvek príčinných súvislostí, prežije dobu t .

$$p_{(T>t)} = \frac{E(t)}{E(0)} \quad (1.2)$$

kde

T – obdobie fungovania prvku základného súboru.

- C. $p_{c(t)}$ – podmienená pravdepodobnosť zlyhania. Pravdepodobnosť, pri ktorej odhadujeme, aká je možnosť zlyhania prvku, vybraného bez akýchkoľvek príčinných súvislostí, ktorý prežil dobu t , že zlyhá v nadchádzajúcom časovom intervale $(t, t+1)$.¹³

$$p_{c(t)} = \frac{E(t) - E(t+1)}{E(t)} \quad (1.3)$$

Ďalej je nutné si vyjadriť jednotlivé vzťahy medzi pravdepodobnosťami:

- vzťah medzi pravdepodobnosťou zlyhania a prežitia:

$$p(t) = p_{(T>t)} - p_{(T>t+1)}$$

alebo platí vzťah:

$$\frac{E(t) - E(t+1)}{E(0)} = \frac{E(t)}{E(0)} - \frac{E(t+1)}{E(0)} \quad (1.4)$$

- vzťah medzi pravdepodobnosťou prežitia a zlyhania:

$$p_{(T>t)} = \sum_{k=t}^{\infty} p(k)$$

alebo platí vzťah:

$$p_{(T>t)} = \frac{E(t)}{E(0)} = \frac{E(t) - E(t+1) + E(t+1) - E(t+2) + \dots}{E(0)} \quad (1.5)$$

- vzájomný vzťah medzi pravdepodobnosťami $p_{c(t)}$, $p(t)$, $p_{(T>t)}$:

$$p_{c(t)} = \frac{E(t) - E(t+1)}{E(t)} = \frac{\frac{E(t) - E(t+1)}{E(0)}}{\frac{E(t)}{E(0)}} = \frac{p(t)}{p_{(T>t)}} \quad (1.6)$$

¹² VALENČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>

¹³ VALENČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>

D. $\bar{t}$ – stredná doba životnosti prvkov súboru. Vyjadruje čas, ktorý prejde od začiatku fungovania objektu po jeho zlyhanie. Ak predpokladáme, že k zlyhaniu dôjde iba na konci danej doby, platí: ¹⁴

$$\bar{t} = \sum_{t=0}^{\infty} (t+1)p_{(t)} \quad (1.7)$$

Celkový počet odpracovaných období možno vyjadriť:

- pre počet prvkov, ktoré fungujú jedno obdobie = $1 \cdot E_{(0)} \cdot p_{(0)}$
- pre počet prvkov, ktoré fungujú dve obdobia = $+2 \cdot E_{(0)} \cdot p_{(1)}$
- pre počet prvkov, ktoré fungujú tri obdobia = $+3 \cdot E_{(0)} \cdot p_{(2)}$

Stredný počet odpracovaných období:

$$\frac{1}{E_{(0)}} (1 \cdot E_{(0)} \cdot p_{(0)} + 2 \cdot E_{(0)} \cdot p_{(1)} + 3 \cdot E_{(0)} \cdot p_{(2)} + \dots) \quad (1.8)$$

po úprave:

$$\bar{t} = 1 \cdot p_{(0)} + 2 \cdot p_{(1)} + 3 \cdot p_{(2)} + \dots \quad (1.9)$$

$$p_{(1)} + p_{(2)} + p_{(3)} + \dots \quad (1.10)$$

$$p_{(2)} + p_{(3)} + \dots \quad (1.11)$$

+atd.

nakoľko je v platnosti, že: $p_{(T>t)} = \sum_{k=t}^{\infty} p_{(k)}$ potom môžeme písať

$$\bar{t} = \sum_{t=0}^{\infty} p_{(T>t)} \quad (1.12)$$

E. $\bar{t}_d$ – stredná doba životnosti prvku súboru pri demontážnej dobe d . Demontážna doba je najdlhšia možná doba životnosti prvku. Prvok po dosiahnutí tejto doby bude obnovený, nezávisle od jeho skutočného stavu. ¹⁵

$$\bar{t}_d = \sum_{t=0}^{d-1} (t+1)p_{(t)} + d \sum_{t=d}^{\infty} p_{(t)} \quad (1.13)$$

$$\bar{t}_d = \sum_{t=0}^{d-1} p_{(T>t)} \quad (1.14)$$

¹⁴ VALEŇČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>

¹⁵ VALEŇČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094.

Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>

Medzi základné teoretické modely obnovy patria:

- Nákladový prístup modelovania obnovy
- Diskrétné modely obnovy:
 - diskrétné modely jednoduchej obnovy s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou,
 - diskrétné modely jednoduchej obnovy s nehomogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou,
 - rozšírené modely obnovy,

1.4 Nákladový prístup modelovania obnovy

Modely obnovy možno popísať nasledovne – „*analýza procesu reprodukcie objektov, pri ktorom sa ubúdajúce obslužné objekty nahrádzajú novými buď pri zachovaní ich úžitkových vlastností a počtu, alebo pri zachovaní úžitkových vlastností a zvyšovaní počtu prevádzkovaných obslužných objektov.*“¹⁶

V tejto časti budeme uvažovať o obnove prvkov skôr, než vznikne zlyhanie zariadenia, hovoríme teda o preventívnej výmene. Táto výmena sa určuje na základe pravidiel určujúcich čas a spôsob obnovy objektov, nazýva sa aj stratégiou obnovy. Stratégie obnovy vo všeobecnosti môžeme rozdeliť do dvoch skupín, podľa charakteru vstupných veličín:

- **deterministické stratégie** – sú charakteristické znalosťou vstupných premenných, ich vzťahov v modeli a vývojom v čase, ktorý je pevne stanovený a opakujúci sa.
- **stochastické stratégie** – charakteristickým znakom sú náhodné dáta a procesy. Náročnejšie na použitie v matematickej praxi.¹⁷

Náklady na údržbu sú veľkou súčasťou výrobných nákladov. Spôsoby akým sú riadené a realizované vplýva na viaceré vlastnosti výrobku. Optimalizovanie údržby je

¹⁶ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

¹⁷ SKŘIVÁNKOVÁ, Valéria - HANČOVÁ, Martina. *Náhodné procesy a ich aplikácie* [elektronický zdroj]. 2. doplnené vydanie. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2018. online. 105 s. [cit. 2020-04-28]. ISBN 978-80-8152-604-6. Dostupné na: <https://unibook.upjs.sk/img/cms/2018/pf/nahodne-procesy-web.pdf>

dôležitým zdrojom zvyšovania efektívnosti podniku. Tieto ciele sa dajú dosiahnuť najmä plánovaním, riadením, kontrolou a neustálím zlepšovaním organizovania.¹⁸

1.4.1 Modelovanie obnovy na základe nákladov vynaložených na údržbu

Opotrebenie zariadenia alebo prvku je bežným problémom pri jeho prevádzkovaní. Ak vznikne stav, v ktorom je potrebné vyradiť objekty pred ich zlyhaním, je nutné určiť čas výmeny nefunkčného alebo zastaraného objektu za nový. Na vyjadrenie času od zavedenia objektu do výrobného procesu až po jeho odstránenie, nám slúži životnosť.

Optimálna životnosť sa vypočíta s použitím nákladov na údržbu a pomocou funkcie životnosti. Ak poznáme náklady na údržbu objektu pri jeho vstupe, a koeficient rastu nákladov v ďalších obdobiach, možno lineárnu *funkciu nákladov na celkovú údržbu* popísať nasledovne:

- Funkcia nákladov na celkovú údržbu s konštantným koeficientom narastania:¹⁹

$$C_u(\omega) = k \cdot \omega \cdot c_u \quad (1.15)$$

kde:

ω – optimálna životnosť,

c_u – náklady na údržbu objektu pri jeho vstupe do prevádzkovania,

k – koeficient rastu nákladov na prevádzku v ďalších obdobiach.

- Funkcia nákladov na celkovú údržbu s konštantnými nákladmi aj rastúcimi v čase:²⁰

$$C_u(\omega) = c_k + \frac{c_r}{2}(\omega - 1) \quad (1.16)$$

kde:

c_k – náklady rastúce v každom období konštantne,

c_r – náklady rastúce v čase.

¹⁸ VALENČÍK, Štefan. *Aktuálne témy z údržby strojov (4)*. In *ATP Journal* [online]. Košice: 2012. č. 9. s. 38-39. ISSN 1336-5010. Dostupné na:

<https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp%20journal%209%202012%20str.%2038-39.pdf>

¹⁹ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

²⁰ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

- Postupom času so znižovaním hodnoty objektu, súvisí aj priamo úmerný pokles životnosti, ktorý sa vyjadruje klesajúcou funkciou životnosti:²¹

$$C_z(\omega) = \frac{p_n - p_z}{\omega} = \frac{p_r}{\omega} \quad (1.17)$$

kde:

p_n – obstarávací cena,

p_z – zostatková cena,

ω – životnosť,

p_r – rozdiel medzi p_n a p_z .

- Funkcia celkových nákladov objektu:²²

$$C(\omega) = \frac{p_r}{\omega} + k \cdot \omega \cdot c_u \quad (1.18)$$

Po vyjadrení konštrukcií funkcií $C_u(\omega)$ a $C_z(\omega)$, môžeme dospieť k tvaru funkcie na optimalizáciu životnosti objektu, ktorá je minimom funkcie celkových nákladov na objekt $C(\omega)$. Ako možno vidieť na obrázku 1, naša hľadaná nákladová funkcia je podobná s funkciou pri hľadaní minimálnych nákladov zásob.

Podmienkou minima je pri tejto funkcii:

$$C'(\omega) = k \cdot c_u - \frac{p_r}{\omega^2} = 0,$$

a z toho

$$\omega_{opt} = \sqrt{\frac{p_r}{k \cdot c_u}} \quad (1.19)$$

- Tieto vzťahy sú ovplyvnené funkciou nákladov na údržbu, odkiaľ funkcia nákladov na celkovú údržbu, resp. celkových nákladov objektu získa podobu:²³

$$C(\omega) = \frac{p_r}{\omega} + c_c + \frac{c_r}{2}(\omega - 1) \quad (1.20)$$

podmienkou minima z tejto funkcie je:

²¹ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

²² BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

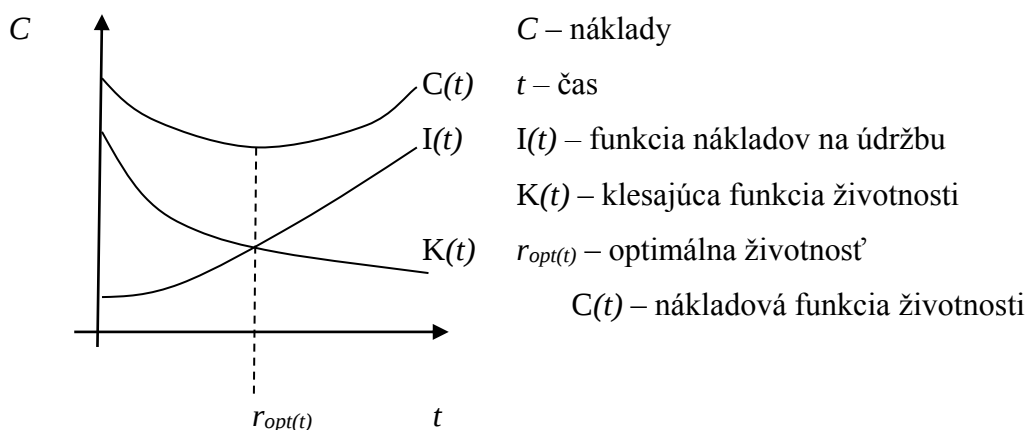
²³ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

$$\omega_{opt} = \sqrt{\frac{2p_r}{c_r}} \quad (1.21)$$

- Za predpokladu, že je potrebné uvažovať s nákladmi na údržbu už od začiatku prevádzky stroja, funkcia nadobudne tento tvar:²⁴

$$C_u(\omega) = c_c + \frac{c_r}{2} \cdot \omega \quad (1.22)$$

Objekty, ktoré sa časom opotrebovávajú a vyznačujú sa zvyšujúcou, resp. vyrovnanou, mierou poruchovosti možno pri nákladovom prístupe k skúmaniu životnosti, vyjadriť klesajúcou funkciou ako na obrázku 1.



Obrázok 1 Graf funkcie $C(t)$

Zdroj: UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. Bratislava: Edičné stredisko VŠE v Bratislave. 1992. s. 183. ISBN 80-225-0340-1.

1.4.2 Modelovanie obnovy na základe nákladov súvisiacich s údržbou a poruchou

Rozdiel medzi daným typom optimalizácie a predchádzajúcim je v posudzovaní možnosti zlyhania počas prevádzky. V prípade, že uvažujeme aj o možnosti, že sa objekt, teda stroj, nebude dať ďalej používať, zostrojíme rozhodovací model optimalizácie obnovy. V tomto prípade je potrebné uvažovať s premennými ako sú:

- vek objektu,

²⁴ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

- výška nákladov v n-tom roku,
- životnosť objektu,
- možnosť opravy, resp. rozsah poškodenia.

Ak obnovu je potrebné uskutočniť v n-tom roku, očakávanú priemernú životnosť možno vyjadriť ako:

$$1a_1 + 2a_2 + 3a_3 + \dots + (n-1)a_{n-1} + na_n + nr_n \quad (1.23)$$

kde:

a_n – pravdepodobnosť zlyhania v roku n ,

r – životnosť objektu.

Funkcia nákladov za jeden rok pri výmene zariadenia po n rokoch²⁵:

$$C(n) = \frac{\text{náklady na kúpu a údržbu zariadenia}}{\text{očakávaná priemerná životnosť}} \quad (1.24)$$

teda:

$$C(n) = \frac{p_n + c_1 + c_2r_1 + \dots + c_nr_{n-1}}{r_0 + r_1 + \dots + r_{n-1}} \quad (1.25)$$

kde:

p_n – obstarávacía cena,

c_i – náklady na údržbu v i-tom roku,

r_n – pravdepodobná životnosť objektu v roku $n = r_1 = r_0 - a_1$.

Pri použití daných postupov sme schopní určiť čas výmeny objektu po momente, v ktorom podnik dosiahne najmenšie ročné náklady.

1.4.3 Modelovanie obnovy v súvislosti s plánovanými a neplánovanými nákladmi na obnovu

Pri definovaní optimálnej životnosti vychádzame z týchto dvoch predpokladov:

- obnova objektov je neprospešná, ak je vykonaná krátko po ich obstaraní, čo vedie k zvýšeniu nákladov,
- naopak dlhodobé používanie vytvára náklady z dôvodu zlyhania a náprav, ktoré odstaví výrobu na určitý čas.

²⁵ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

Kvôli týmto predpokladom, je dôležité hľadať najlepšiu dobu na výmenu zariadení²⁶.

Obnovu objektu pred koncom životnosti, možno špecifikovať v jednotlivých bodoch:

- uskutočňuje sa preventívne,
- zabraňuje vzniku poruchy,
- odstraňuje neplánované prestoje a tým aj neplánované náklady,
- realizuje sa na základe veku zariadenia alebo podľa doby zariadenia v prevádzke,
- cieľom je určiť najlepšiu dobu na vykonanie preventívnej obnovy.

Rozdelenie plánovanej a neplánovanej obnovy na tieto časti:

- A. preventívna obnova v určitom veku,
- B. preventívna obnova v určitom čase,
- C. optimalizácia modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu.²⁷

A. Preventívna obnova v určitom veku - tento model sa zameriava na porovnávanie nákladov, podľa doby používania stroja. Aby sme boli schopní vyjadriť funkciu obnovy, potrebujeme dodržať tieto podmienky:²⁸

- náklady na obnovu pri poruche vyjadrujeme:

$$C_v = C_p + C_z \quad (1.26)$$

kde:

C_v – náklady na obnovu pri zlyhaní,

C_p – náklady na preventívnu obnovu,

C_z – náklady z dôvodu zlyhania stroja.

- náklady na preventívnu obnovu:

$$C_p \cdot r_i + C_v \cdot q_i \quad (1.27)$$

kde:

r_i – pravdepodobnosť dožitia stroja,

²⁶ BREZINA, Ivan – IVANIČOVÁ, Zlatica – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza*. Bratislava: Wolter Kluwer (Iura Edition), 2007. 243 s. ISBN 978-80-807-8176-7.

²⁷ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

²⁸ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

q_i – pravdepodobnosť zlyhania stroja.

- množstvo prevádzkových období medzi obnovami

$$1a_1 + 2a_2 + \dots + (n-1)a_{n-1} + na_n + nr_n \quad (1.28)$$

Na základe týchto podmienok vyjadríme funkciu nákladov na jedno obdobie, keď obnova

prebieha po n -tom období:²⁹

$$C(n) = \frac{c_p \cdot r_n + c_v \cdot (1 - r_n)}{r_0 + r_1 + \dots + r_{n-1}} \quad (1.29)$$

B. Preventívna obnova v určitom čase – určuje kedy je najlacnejšie obnoviť stroj. Ak neprihliadame na dobu prevádzky, tak sa samostatná obnova stroja uskutočňuje len pri jeho poruche. Na výpočet funkcie, je potrebné si vymedziť tieto vzťahy:³⁰

- náklady na preventívnu obnovu po n obdobiach:

$$C_p + C_v \cdot F_n \quad (1.30)$$

- počet obnov stroja počas n období:

$$F_n = f_1 + f_2 + \dots + f_n \quad (1.31)$$

- pravdepodobnosť poruchy v i -tom období:

$$\begin{aligned} f_1 &= a_1 \\ f_2 &= a_2 + a_1 f_1 \\ f_3 &= a_3 + a_2 f_1 + a_1 f_2 \\ f_4 &= a_4 + a_3 f_1 + a_2 f_2 + a_1 f_3 \\ &\dots \\ f_n &= a_n + a_{n-1} f_1 + a_{n-2} f_2 + \dots + a_1 f_{n-1} \end{aligned} \quad (1.32)$$

V prípade, že teda uvažujeme o obmene pre každé n -té obdobie, možno vyjadriť funkciu pri dodržaní predchádzajúcich podmienok nasledovne:

²⁹ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

³⁰ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

$$C(n) = \frac{C_p + C_v \cdot F_n}{n} \quad (1.33)$$

Ak sa nevykonáva preventívna obnova, celkové náklady sa vypočítajú:

$$C(n) = \frac{C_v}{\mu} \quad (1.34)$$

kde:

C_v – náklady pri individuálnej výmene stroja,

μ – priemerná životnosť stroja.

C. Optimalizácia modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu – v prípade, že sa porucha stroja neprejaví jeho zastavením, ale pokračuje ďalej a produkuje výrobky, ktoré nezodpovedajú požiadavkám. Túto chybu možno zistiť až pri kontrole hotových výrobkov. Z toho je potrebné zistiť čas za aký sa vykoná kontrola. Podmienkou modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu sú minimálne náklady. Funkciu možno vyjadriť nasledovne:³¹

- náklady pri výrobe chybných výrobkov

$$C_{ch}[n - (1 + p + p^2 + \dots + p^{n-1})]$$

ďalej možno upraviť:

$$C_{ch} \left[n - \frac{1 - p^n}{1 - p} \right]$$

kde:

p – pravdepodobnosť správnej výroby po produkcii ďalšieho výrobku,

p^n – pravdepodobnosť bezporuchového pokračovania výroby po výrobe n -tého výrobku.

$1-p^n$ – pravdepodobnosť poruchy pri kontrole n -tého výrobku,

Teda funkcia celkových nákladov na výrobu n výrobkov môže byť vyjadrená ako:

$$C_{ko} + C_o(1 - p^n) + C_{ch} \left[n - \frac{1 - p^n}{1 - p} \right]$$

A celkové náklady na produkciu jedného výrobku vyzerajú ako:

³¹ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

$$C(n) = \frac{C_{ko} + C_o(1-p^n) + C_{ch} \left[n - \frac{1-p^n}{1-p} \right]}{n} \quad (1.35)$$

kde:

C_{ko} – náklady na kontrolu,

C_o - náklady na opravu,

C_{ch} – náklady na každý chybný výrobok.

1.5 Diskrétné modely obnovy

Účelom diskretných modelov obnovy je skúmanie procesu obnovy veľkého počtu druhovo rovnakých prvkov, kde sa o opotrebovaní uvažuje pomocou pravdepodobnosti zlyhania v konkrétnej dobe.³²

Tieto modely sa používajú pri objektoch, ktoré už nie je možnosť opraviť z dôvodu straty funkčnosti. Teda určujú očakávaný počet prvkov, ktoré bude nutné vymeniť za nové, v konkrétnych obdobiach.

Základný model diskretné obnovy sa popisuje v týchto bodoch:

- proces obnovy sa skúma v časových intervaloch s rovnakou dĺžkou,
- začiatková veková štruktúra je rovnorodá, – uvažuje sa len opotrebenie, ktoré vyvolá konečné zlyhanie objektu,
- v modeli možno použiť iba technicky rovnorodé objekty.³³

Diskrétné modely obnovy nám určujú približný počet obnov za určité obdobie a etapu životnosti v ktorej sa skúmaný objekt v danom období nachádza. Dôležitým bodom v životnosti stroja je moment, v ktorom sa jeho využívanie stáva nerentabilným. V tomto momente sa pristupuje k jeho obnove. Diskrétné modely uvažujú o obnove len ku koncu každého pozorovaného obdobia.³⁴

³² PELIKÁN, Jan. *Diskrétní modely v operačním výzkumu*. Praha: Professional Publishing. 163 s. 2001. ISBN 80-86419-17-7.

³³ VALENČÍK, Štefan. *Modelovanie, kvantifikácia a stratégia obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2009, č. 14, s. 204-207. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/14-2009/pdf/204-207.pdf>

³⁴ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

V podnikoch vzniká prirodzená potreba poznať stredný počet nových objektov, ktoré musíme mať k dispozícii na zabezpečenie bezproblémového chodu systému, ktorý obsahuje tieto objekty. Pri uvažovaní o obnove sa naskytuje otázka, aký bude potrebný počet nových objektov na obnovu v nasledujúcom období, na zabezpečenie bezproblémovej prevádzky výrobného procesu. Preto musíme vopred poznať stredný počet obnovených prvkov. K tomu nám poslúžia diskkrétne modely.

V týchto modeloch sa dá počítať s viacerými možnosťami, ako sú rovnorodá či rôznorodá veková štruktúra prvkov, alebo s prírastkom nových prvkov v konkrétnom období.

Rozdelenie diskkrétnych modelov obnovy je nasledovné:

- **diskrétny model s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou,**
- **diskrétny model s nehomogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou,**
- **diskrétny model rozšírenej obnovy.**³⁵

1.5.1 Diskrétny model s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou

Základný a najjednoduchší model obnovy sa zakladá na niekoľkých predpokladoch. Tieto predpoklady sú špecifikované v nasledovných bodoch:

1. Proces obnovy sa sleduje v obdobiach s rovnakou dĺžkou, kde sa na konci každého obdobia overuje možnosť zlyhania a zároveň obnovy.
2. Súbor objektov je rovnorodý. Opotrebenie v k -tom intervale je špecifikované pravdepodobnosťou zlyhania a_k . Najväčšia životnosť prvkov sa rovná T , teda aj $k = 1, 2, \dots, T$.
3. Všetky skúmané prvky sú na počiatku sledovania nové.
4. Zachováva sa jednoduchá reprodukcia. Teda počet objektov sa nemení ani pri nahradení novými.
5. Obnova sa vykonáva vždy na konci obdobia a nová štruktúra je v používaní na začiatku ďalšieho obdobia.
6. Obnova objektu sa vykonáva iba pri jeho konečnom zlyhaní.
7. Do úvahy sa neberie morálne opotrebenie.
8. Náklady na obnovu sa neberú do úvahy.³⁶

³⁵ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokiej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1.

Hlavnými prvkami tohto modelu sú pravdepodobnosť zlyhania a_k a pravdepodobnosť prežitia k -teho obdobia r_k :³⁷

$$r_k = a_{k+1} + a_{k+2} + \dots + a_T = \sum_{i=k+1}^T a_i \quad (1.36)$$

Úlohou tohto modelu obnovy je určiť pravdepodobné množstvo obnov v dobe k . Toto obdobie si pre naše účely označíme u_k , a danú hodnotu možno vypočítať pomocou rovnice obnovy:³⁸

$$u_n = a_1 u_{n-1} + a_2 u_{n-2} + \dots + a_T u_{n-T} = \sum_{k=1}^T a_k u_{n-k} \quad (1.37)$$

Počet obnov v jednotlivých obdobiach možno vypočítať na základe jednoduchej sústavy rovníc:³⁹

$$u_1 = u_0 \cdot a_1 \quad (1.38)$$

$$u_2 = u_0 a_2 + u_1 a_1 \quad (1.39)$$

$$u_3 = u_0 a_3 + u_1 a_2 + u_2 a_1 \quad (1.40)$$

...

$$u_{T-1} = u_0 a_{T-1} + u_1 a_{T-2} + \dots + u_{T-2} a_1 \quad (1.41)$$

$$u_T = u_0 a_T + u_1 a_{T-1} + \dots + u_{T-1} a_1 \quad (1.42)$$

Všeobecne *diskrétna rovnica obnovy za podmienky $n \geq T$ platí*⁴⁰:

$$u_n = u_{n-T} a_T + u_{n-T+1} a_{T-1} + \dots + u_{n-1} a_1 = \sum_{k=1}^T u_{n-k} a_k \quad (1.43)$$

Ďalej je potrebné určiť si vekovú štruktúru v rokoch. Na výpočet použijeme vzájomnú súvislosť medzi pravdepodobnosťou prežitia r_k , pravdepodobnosťami zlyhania a_k a počtom obnov objektu u_k .⁴¹

³⁶ BREZINA, Ivan – IVANIČOVÁ, Zlatica – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza*. Bratislava: Wolter Kluwer (Iura Edition), 2007. 243 s. ISBN 978-80-807-8176-7.

³⁷ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1.

³⁸ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

³⁹ SKŘIVÁNKOVÁ, Valéria - HANČOVÁ, Martina. *Náhodné procesy a ich aplikácie* [elektronický zdroj]. 2. doplnené vydanie. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2018. online. 105 s. [cit. 2020-04-28]. ISBN 978-80-8152-604-6. Dostupné na: <https://unibook.upjs.sk/img/cms/2018/pf/nahodne-procesy-web.pdf>

⁴⁰ SKŘIVÁNKOVÁ, Valéria - HANČOVÁ, Martina. *Náhodné procesy a ich aplikácie* [elektronický zdroj]. 2. doplnené vydanie. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2018. online. 105 s. [cit. 2020-04-28]. ISBN 978-80-8152-604-6. Dostupné na: <https://unibook.upjs.sk/img/cms/2018/pf/nahodne-procesy-web.pdf>

⁴¹ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

Výhodou modelov obnovy s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou, je že sú na začiatku modelovania všetky nové. Počet týchto objektov možno označiť u_0 .

Pri ukončení prvého obdobia sa počet nových objektov rovná u_1 , teda $u_1 r_0$. Množstvo starých objektov $u_0 r_1$, možno vyjadriť matematicky⁴²:

$$u_0 - a_1 u_0 = u_0 r_1 \quad (1.44)$$

túto rovnicu možno prepísať ako:

$$u_0(r_0 - a_1) = u_0 r_1 \quad (1.45)$$

Na konci ďalšieho obdobia možno pokračovať podobne. Počet nových objektov bude $u_2 r_0$, počet jednoročných objektov $u_1 r_1$ a počet dvojročných $u_0 r_2$.

V nasledujúcej tabuľke 1. je možno jednoduchšie vyjadriť jednotlivé premenné. Prvý riadok tabuľky je možné vypočítať dvoma spôsobmi. Buď použitím rovníc obnovy, alebo rozdielom medzi celkovým počtom objektov a súčtom objektov ktoré nie sú nové. V jednotlivých uhlopriečkach možno sledovať ako starnú objekty, ktoré vstúpili do prevádzky v rovnakom roku.⁴³

Tabuľka 1 Diskrétné modelovanie obnovy s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou

$k \backslash n$	0	1	2	3		$T-1$	T		$n-1$	n
0	u_0	u_1	u_2	u_3	...	u_{T-1}	u_T	...	u_{n-1}	u_n
1	-	$u_0 r_1$	$u_1 r_1$	$u_2 r_1$	...	$u_{T-2} r_1$	$u_{T-1} r_1$	...	$u_{n-2} r_1$	$u_{n-1} r_1$
2	-	-	$u_0 r_2$	$u_1 r_2$	...	$u_{T-3} r_2$	$u_{T-2} r_2$	...	$u_{n-3} r_2$	$u_{n-2} r_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$T-1$	-	-	-	-	...	$u_0 r_{T-1}$	$u_1 r_{T-1}$	...	$u_{n-T} r_{T-1}$	$u_{n-T+1} r_{T-1}$
Spolu	N_0	N_0	N_0	N_0		N_0	N_0		N_0	N_0

Zdroj: BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd.

Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

Tabuľkový výpočet je pomerne jednoduchým spôsobom, v spojení s prehľadnosťou a množstvom operácií, ktoré sú potrebné pri určení hodnôt, ide o vyváženú metódu.⁴⁴

⁴² UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysoké školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1.

⁴³ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

⁴⁴ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

1.5.2 Diskrétny model s nehomogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou

Hlavným rozdielom medzi týmto modelom a predchádzajúcim spočíva v rozdielnom veku objektov na začiatku sledovania. S takýmto prípadom sa v reálnom živote stretávame oveľa častejšie.

Model sa teda líši iba v treťom predpoklade to v začiatočnom veku objektov v súbore. Suma všetkých objektov je v_k ($k=0, 1, \dots, T-1$), počet nových objektov je v_0 , počet jednoročných objektov v_1 a tak ďalej. Musí však platiť:⁴⁵

$$\sum_{k=0}^{T-1} v_k = N_0 \quad (1.46)$$

Ďalším rozdielom oproti predchádzajúcemu modelu je tiež rozdielna životnosť, kvôli rozdielnej dobe prevádzky objektov. Podmienená pravdepodobnosť životnosti informuje o životnosti objektov, ktoré sú už na začiatku staré jedno obdobie a na konci prvej doby majú životnosť $v_1 \frac{r_2}{r_1}$, pri ukončení druhého $v_1 \frac{r_3}{r_1}$ a tak ďalej.⁴⁶

Množstvo potrebných obnov v určitej dobe sa dá vyjadriť pre prvky, ktoré sú nové na začiatku rozdielom $v_0 - v_0 r_1$. Pre jednorôčné prvky platí:⁴⁷

$$v_1 - v_1 \frac{r_2}{r_1} = v_1 \left(1 - \frac{r_2}{r_1}\right) = v_1 \frac{r_1 - r_2}{r_1} = v_1 \frac{a_2}{r_1} \text{ a tak ďalej.}$$

Pre každý časový interval možno vyjadriť množstvo pomocou sústavy rovníc:⁴⁸

$$\begin{aligned} u_1 &= a_1 u_0 + v_1 \frac{a_2}{r_1} + v_2 \frac{a_3}{r_2} + \dots + v_{T-2} \frac{a_{T-1}}{r_{T-2}} + v_{T-1} \frac{a_T}{r_{T-1}} \\ u_2 &= a_1 u_1 + a_2 u_0 + v_2 \frac{a_3}{r_1} + \dots + v_{T-3} \frac{a_{T-1}}{r_{T-3}} + v_{T-2} \frac{a_T}{r_{T-2}} \\ &\dots \\ u_{T-1} &= a_1 u_{T-2} + a_2 u_{T-3} + \dots + a_{T-1} u_0 + v_1 \frac{a_T}{r_1} \end{aligned} \quad (1.47)$$

v prípade ak $n \geq T$

$$u_n = a_1 u_{n-1} + a_2 u_{n-2} + \dots + a_T u_{n-T} \quad (1.48)$$

⁴⁵ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokiej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

⁴⁶ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

⁴⁷ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

⁴⁸ BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

Z vyjadrených rovníc je možné sledovať, že v modeli s homogénnym vekom na začiatku sa už po prvom časovom intervale používajú prvky s nehomogénnou štruktúrou.

Tabuľka 2 Diskrétné modelovanie obnovy s nehomogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou

$k \backslash n$	0	1	2	3	...	$T-1$	T	...	$n-1$	n
0	v_0	u_1	u_2	u_3	...	u_{T-1}	u_T	...	u_{n-1}	u_n
1	v_1	$v_0 r_1$	$u_1 r_1$	$u_2 r_1$	...	$u_{T-2} r_1$	$u_{T-1} r_1$	...	$u_{n-2} r_1$	$u_{n-1} r_1$
2	v_2	$v_1 \frac{r_2}{r_1}$	$v_0 r_2$	$u_1 r_2$	...	$u_{T-3} r_2$	$u_{T-2} r_2$	...	$u_{n-3} r_2$	$u_{n-2} r_2$
3	v_3	$v_2 \frac{r_3}{r_2}$	$v_1 \frac{r_3}{r_1}$	$v_0 r_3$	...	$u_{T-4} r_3$	$u_{T-3} r_3$	...	$u_{n-4} r_3$	$u_{n-3} r_3$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$T-1$	v_{T-1}	$v_{T-2} \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}}$	$v_{T-3} \frac{r_{T-1}}{r_{T-3}}$	$v_{T-4} \frac{r_{T-1}}{r_{T-4}}$	...	$v_0 r_{T-1}$	$u_1 r_{T-1}$	...	$u_{n-T} r_{T-1}$	$u_{n-T+1} r_{T-1}$
Spolu	N_0	N_0	N_0	N_0		N_0	N_0		N_0	N_0

Zdroj: BREZINA, Ivan – PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. 1. vyd.

Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014. 282 s. ISBN 978-80-225-4012-4.

1.5.3 Diskrétné modely rozšírenej obnovy

V modeloch rozšírenej obnovy možno predpokladať, že namiesto jednoduchkej obnovy, čiže udržania počtu objektov, sa v každom období zmení pôvodný počet objektov. Teda že je daný počet objektov N_n ($n = 1, 2, \dots$), a pri každom n je predpoklad, že $N_{n-1} < N_n$. K uskutočneniu rozšírenia, je potrebné v každom ďalšom časovom intervale priradiť Δ_n , ktoré vyjadruje zmenu stavu prvkov v k -tom období:⁴⁹

$$\Delta_n = N_n - N_{n-1} > 0 \quad (1.49)$$

V prípade ak sa pri konci prvého časového intervalu rozdeľujú všetky novozaradené objekty b_n na obnovované u_n a prírastok Δ_n , tak platí:⁵⁰

$$b_n = u_n + \Delta_n \quad (1.50)$$

⁴⁹ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

⁵⁰ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

Modely rozšírenej obnovy možno rozdeliť rovnako ako pri modeloch jednoduchšej obnovy na modely s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou a s nehomogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou.

V ďalších obdobiach je preto potrebné obnovovať aj objekty, ktoré boli prírastkom. Ak pracujeme s homogénnou začiatočnou vekovou štruktúrou, sústava rovníc vyzerá nasledovne:⁵¹

$$\begin{aligned}
 u_0 &= N_0 \\
 b_1 + u_0 r_1 &= u_1 + \Delta_1 + u_0 r_1 = N_1 \\
 b_2 + b_1 r_1 + u_0 r_2 &= u_2 + \Delta_2 + (u_1 + \Delta_1) r_1 + u_0 r_2 = N_2 \\
 &\dots \\
 b_{T-1} + b_{T-2} r_1 + b_{T-3} r_2 + b_{T-4} r_3 + \dots b_1 r_{T-2} + u_0 r_{T-1} &= N_{t-1}
 \end{aligned} \tag{1.51}$$

v prípade ak $n \geq T$, tak platí:

$$u_n + \Delta_n + (u_{n-1} + \Delta_{n-1}) r_1 + (u_{n-2} + \Delta_{n-2}) r_2 \dots + (u_{n-T+1} + \Delta_{n-T+1}) r_{T-1} = N_n \tag{1.52}$$

Predchádzajúca rovnica je vyjadrením pre nehomogénne prvky s premenlivými koeficientmi. V tomto prípade je možno rovnicu riešiť aj rozložením na súčet dvoch rovníc:

- Pre koeficient u_n :⁵²

$$u_n + u_{n-1} r_1 + u_{n-2} r_2 + \dots + u_{n-T+1} r_{T-1} = N_0 \tag{1.53}$$

pri dodržaní podmienok:

$$\begin{aligned}
 u_0 &= N_0 \\
 u_1 + u_0 r_1 &= N_0 \\
 u_2 + u_1 r_1 + u_0 r_2 &= N_0 \\
 &\dots \\
 u_{T-1} + u_{T-2} r_1 + u_{T-3} r_2 + \dots + u_0 r_{T-1} &= N_0
 \end{aligned} \tag{1.54}$$

- pre koeficient Δ_n :⁵³

$$\Delta_n + \Delta_{n-1} r_1 + \Delta_{n-2} r_2 + \dots + \Delta_{n-T+1} r_{T-1} = N_n - N_0 \tag{1.55}$$

⁵¹ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

⁵² UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

⁵³ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

pri dodržaní podmienok:

$$\Delta_1 = N_1 - N_0$$

$$\Delta_2 + \Delta_1 r_1 = N_2 - N_0$$

...

$$\Delta_{T-1} + \Delta_{T-2} r_1 + \Delta_{T-3} r_2 + \dots + \Delta_1 r_{T-1} = N_{T-1} - N_0 \quad (1.56)$$

Postupne možno vyjadriť aj rovnice obnovy v modeli jednoduchej obnovy pri nehomogénnej začiatočnej vekovej štruktúre. Ak $n \geq T$ s počiatocnými podmienkami:⁵⁴

$$v_0 + v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{T-1} = N_0$$

$$u_1 + \Delta_1 + v_0 r_1 + v_1 \frac{r_2}{r_1} + v_2 \frac{r_3}{r_2} + \dots + v_{T-2} \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}} = N_0$$

$$u_2 + \Delta_2 + (u_1 + \Delta_1) r_1 + v_0 r_2 + v_1 \frac{r_3}{r_1} + \dots + v_{T-3} \frac{r_{T-1}}{r_{T-3}} = N_0$$

...

$$u_{T-1} + \Delta_{T-1} + (u_{T-2} + \Delta_{T-2}) r_1 + (u_{T-3} + \Delta_{T-3}) r_2 + v_0 r_{T-1} = N_{T-1} \quad (1.57)$$

Rovnako ako v predchádzajúcich modeloch je možnosť vyriešenia do tabuľky. Názorné vyjadrenie možno vidieť v tabuľke 3.

Tabuľka 3 Diskrétné modelovanie rozšírenej obnovy

Vek k	Čas n							
	0	1	2	3	...	$T-1$	...	n
0	v_0	$u_1 + \Delta_1$	$u_2 + \Delta_2$	$u_3 + \Delta_3$	...	$u_{T-1} + \Delta_{T-1}$	...	$u_n + \Delta_n$
1	v_1	$v_0 r_1$	$(u_1 + \Delta_1) r_1$	$(u_2 + \Delta_2) r_1$	...	$(u_{T-2} + \Delta_{T-2}) r_1$	...	$(u_{n-1} + \Delta_{n-1}) r_1$
2	v_2	$v_1 \frac{r_2}{r_1}$	$v_0 r_2$	$(u_1 + \Delta_1) r_2$	...	$(u_{T-3} + \Delta_{T-3}) r_2$	...	$(u_{n-2} + \Delta_{n-2}) r_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$T-1$	v_{T-1}	$v_{T-2} \frac{r_{T-1}}{r_{T-2}}$	$v_{T-3} \frac{r_{T-1}}{r_{T-3}}$	$v_{T-4} \frac{r_{T-1}}{r_{T-4}}$	...	$v_0 r_{T-1}$	...	$(u_{n-T} + \Delta_{n-T+1}) r_{T-1}$
Σ	N_0	N_1	N_2	N_3	...	N_{T-1}	...	N_n

Zdroj: UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

⁵⁴ UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysokej školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1

2 Cieľ práce

Cieľom vypracovanej diplomovej práce je najmä predostrieť teoretický pohľad na modely obnovy a ich praktické možnosti aplikácie do výrobných činností podniku. Pomocou nazhromaždenia súboru poznatkov o danej disciplíne, získaných informácií o spôsoboch a priebehu obnovy v podniku, analýzy, konzultácií s odborným konzultantom spoločnosti a použitím metód operačnej analýzy, navrhnúť zlepšenia procesov v oblasti modelov obnovy. Rovnako tak aj návrhy opatrení na odstránenie nedostatkov alebo nových riešení.

Hlavný cieľ diplomovej práce je rozvrhnutý do niekoľkých parciálnych cieľov:

- bližšie oboznámenie sa s teoretickou podstatou obnovy, spôsobmi obnovy, modelmi obnovy, životnosťou a údržbou strojov,
- charakteristika skúmanej spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia a jej procesov,
- analyzovať spôsoby údržby a obnovy vybraného objektu,
- vyjadrenie celkových nákladov na spoločnosti využívaných na preventívnu obnovu skúmaného objektu,
- prognóza vývoja nákladov spojených s obnovou sledovaných nástrojov na rok 2020,
- prostredníctvom aplikácie modelov obnovy určiť optimálny vek nástrojov pre vykonanie preventívnej výmeny,
- určenie optimálnej doby kontroly výrobného procesu s použitím modelov obnovy,
- formulácia návrhov a odporúčaní na zlepšenie priebehu procesu a jeho ekonomických aspektov.

Modelovanie procesov obnovy predstavuje významnú úlohu v určení ekonomickej životnosti pozorovaných objektov, ale aj v stanovení času a veku potrebného pri preventívnej obnove. Tieto modely nám slúžia na vyjadrenie nákladov spojených s neefektívnym nastavením výmeny objektov a tiež na špecifikovanie ekonomickej optimálnej doby kontroly výrobkov pre zabezpečenie plynulosti výroby a odstránenie rizika zlyhania.

3 Metodika práce a metody skúmania

3.1 Charakteristika objektu skúmania

Diplomová práca je zameraná na obnovu zariadení výrobného podniku Inalfa Roof Systems Slovakia, s. r. o. Tento podnik sa zameriava na design, návrhy a výrobu variabilných strešných systémov do automobilov. Vybraná spoločnosť je lídrom vo svojom segmente s pokrytím na niekoľkých kontinentoch.

V uvedenom podniku sme sa zamerali na obnovu a proces údržby zariadení určených na spojovanie materiálu. Proces obnovy je skúmaný za pomoci teórií obnov založených na pravdepodobnostiach.

3.2 Pracovné postupy

Metodický postup pri vypracovaní diplomovej práce vychádza z vopred uvedených cieľov. Prvým krokom k vypracovaniu bolo štúdium súčasného stavu riešenej problematiky modelov obnovy aplikovaných vo vnútropodnikovom manažmente výroby. Následne sme sa dohodli s vybranou spoločnosťou na spolupráci. Na niekoľkých stretnutiach so zamestnancami spoločnosti sme na základe poskytnutých teoretických dát, výsledkov z pozorovania a operačnej analýzy, odhaľovali prípadné nedostatky alebo možnosti na zlepšenie pri obnove zariadení.

3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje

Uvedené poznatky z teoretickej časti sme nadobudli štúdiom z rôznych zdrojov, či domácej alebo zahraničnej literatúry, z článkov v odborných časopisoch a z odborných internetových zdrojov .

Dáta využívané vo vlastnej práci sme nazhromaždili počas rozhovorov so zamestnancami spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia z oddelení údržby, riadenia procesu a kvality. Ďalej sme tiež údaje získali vlastným pozorovaním, z interných zdrojov a z internetovej stránky spoločnosti

3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov

Na zhromaždenie potrebných informácií v diplomovej práci sme použili nasledovné metódy:

- **abstrakcia** – odhliadnutím od nepodstatných znakov pri získavaní interných dát o skúmanom jave počas procesu poznávania, aby sme dokázali vytvoriť všeobecný pojem,
- **analýza** – skúmaním, rozborom a rozkladom javov na jednotlivé úlohy, pomocou čoho sme boli schopní zistiť ich zákonitosti a vlastnosti,
- **dedukcia** – po preskúmaní interných údajov spoločnosti sme boli schopní vyjadriť niekoľko návrhov na zlepšenie, na základe zistených nedostatkov,
- **indukcia** – zo všeobecných informácií sme dokázali spojiť niekoľko ideí a utvoriť úsudok o fungovaní a riadení procesov obnovy v spoločnosti,
- **komparácia** – porovnávaním získaných dát na vytvorenie tabuliek a grafov slúžiacich ako podklady pre analýzu stavu skúmaného objektu v rôznych časových intervaloch,
- **pozorovanie** – za pomoci získaných údajov sme sledovali aktuálny priebeh obnovy,
- **rozhovor** – prostredníctvom osobnej komunikácie s odbornými konzultantami a ostatnými zamestnancami spoločnosti pre lepšie pochopenie skúmaného procesu,
- **modely operačnej analýzy** – pomocou modelov obnovy vyjadrených v teoretickej časti práce, sme určovali optimálne ekonomické efekty. Pre naše potreby sme využili tieto nákladové modely optimalizácie obnovy:
 - optimalizácia modelov preventívnej obnovy v určitom veku – výpočet realizovaný na základe postupu v kapitole 1.4.3, model A, pomocou vzorca 1.29,
 - optimalizácia modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu – interpretované výsledky boli vypočítané podľa získaných teoretických poznatkov z kapitoly 1.4.3, model C a premenné dosadené do vzorca 1.35.

Najdôležitejšie informácie sme získali priamo konzultáciami s odborníkmi v spoločnosti. Použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov boli nápomocné pri

spracování diplomovej práce a k vyjadreniu našich návrhov na zlepšenie skúmaného procesu.

4 Výsledky práce a diskusia

Z uvedených teoretických poznatkov je zrejmé, že časť plánovania a modelovania obnovy zariadení je jednou z dôležitých a efektívnych činností, ktoré sú požadované v systémoch manažérstva. Na odstránenie fyzického opotrebenia strojov vynakladá spoločnosť vysoké prevádzkové náklady. Tieto náklady je možno znižovať optimalizáciou obnovy výrobných zariadení prostredníctvom aplikácie modelov obnovy.

Praktická časť diplomovej práce je zameraná na analýzu súčasného stavu vybraného procesu obnovy a údržby zariadení určených na spájanie kovov vo vybranej spoločnosti. Vlastná práca obsahuje informácie získané priamo v podniku, rozhovormi a pozorovaním vybraných procesov a činností. Zároveň v tejto časti budeme poskytovať nápady na zlepšenia a riešenia nami objavených nedostatkov.

4.1 Predstavenie spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia

Spoločnosť Inalfa Roof Systems Group B.V. je lídrom na trhu v oblasti navrhovania, konštrukcie a výroby automobilových strešných riešení. Slogan spoločnosti „Powered by Spirit, driven by Innovation“ predstavuje základný koncept spoločnosti zameraný na zvyšovanie komfortu a mobility vo vozidle. Sídlo spoločnosti sa nachádza v meste Venray v Holandsku. Spoločnosť je rozmiestnená na troch kontinentoch s továrňami a vývojovými centrami v Európe, Severnej a Strednej Amerike a Ázii.



Obrázok 2 IRS global logo

Zdroj: <https://www.inalfa.com/>

Sídlo slovenskej pobočky sa nachádza v obci Krakovany a založené bolo v roku 2010. Od založenia boli kapacity závodu niekoľkokrát rozširované. Závod na Slovensku je zameraný na výrobu a kompletizáciu strešných systémov, pre európsky trh, využívaných v nákladných automobiloch (Scania, Mercedes, MAN, Renault, Volvo, Iveco a DAF) a v automobiloch vyššej a strednej triedy (BMW, Mini, Smart, Jaguar, Mercedes-Benz, Audi, Volkswagen, Porsche a Bentley).



Obrázok 3 Sídlo IRS SK

Zdroj: interné materiály spoločnosti

V súčasnosti v spoločnosti pracuje viac ako 450 zamestnancov v jedno, dvoj a trojzmenných pozíciách podľa pracovného zaradenia. Spoločnosť patriaca do automobilového priemyslu, kladie veľký dôraz na zlepšovanie a bezpečnosť. Inovácie a zlepšenia sa do procesov nedostávajú iba prostredníctvom „lean manažmentu“ ale spoločnosť na pravidelných bázach prijíma zlepšovacie návrhy od operátorov a prostredníctvom nich znižuje náklady na prevádzku a zlepšuje plynulosť výrobného procesu. Taktiež je odmeňované nahlasovanie „skoronehôd“, ktoré sú následne analyzované a na základe nich sa prijímajú bezpečnostné opatrenia. Zmyslom je identifikovať nebezpečenstvá skôr ako nastanú.

Inalfa Roof Systems Slovakia je držiteľom niekoľkých medzinárodných certifikátov vyjadrujúcich súlad s normami kvality, environmentálneho manažérstva, riadenia bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a manažérstva bezpečnosti informácií.

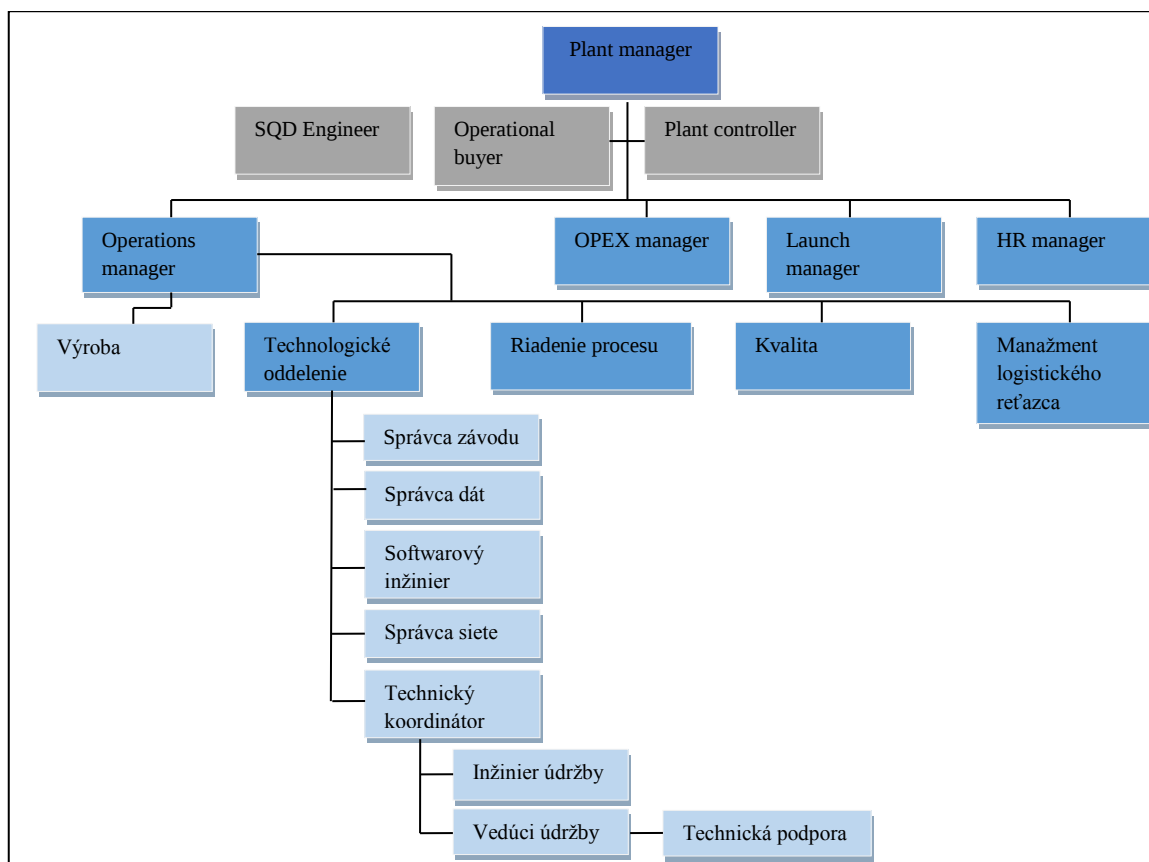
Certification status



Obrázok 4 Certifikačný status

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

Ako výrobná spoločnosť používajúca najnovšie technológie montáže, automatické nitovacie stroje, ohýbačky skla a najmodernejšie testovacie a meracie zariadenia pri výstupnej kontrole produktu, je Inalfa Roof Systems Slovakia, s. r. o. nútená zaoberať sa aj údržbárskymi činnosťami a s tým spojenými procesmi obnovy. Ak by údržba a obnova zariadení neprebiehala správne, mohli by spoločnosti vzniknúť vysoké náklady z výroby nepodarkov a prestojov potrebných na neplánované opravy. Aby sa týmto neplánovaným výdavkom podarilo vyhnúť, je potrebné riadne vymedzenie povinností a právomocí, ktoré vyplývajú aj z organizačnej štruktúry, znázornenej na obrázku č. 5.



Obrázok č. 5 Organizačná štruktúra IRS Slovakia

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

Vo vyššie znázornenej organizačnej štruktúre sme sa zamerali najmä na popis technologického oddelenia, pretože práve toto oddelenie má v podnikovej hierarchii za úlohu sledovanie stavu zariadení a ich obnovu. Najmä oddelenie technického koordinátora zodpovedá za správny chod zariadenia, jeho preventívnu údržbu a obnovu.

4.2 Predstavenie skúmaného objektu

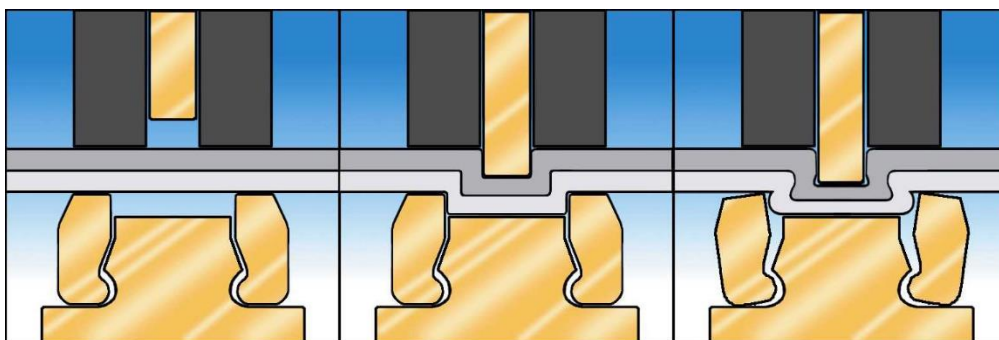
V našej práci sa zameriavame na pozorovanie údržby a obnovy zariadení spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia určených na klinčovanie. Tieto zariadenia sú veľmi dôležitou súčasťou výrobného procesu a preto akékoľvek neplánované zlyhanie, ktorejkoľvek z jeho častí, vytvára spoločnosti vysoké náklady na jeho odstránenie. V závode sa používa klinčovacie zariadenie od spoločnosti BTM.



Obrázok 6 Klinčovacie zariadenie BTM

Zdroj: Interné materiály spoločnosti

Klinčovanie je spôsob spájania kovov za studena lisovania. Tento systém spojovania produkuje čisté, silné a konzistentné spoje pri použití väčšiny kovov s povrchovou úpravou alebo bez nej. Klinčovanie spája plechy ťahaním a formovaním materiálov dielu do zámky. Použitie materiálu súčiastky zlepšuje čas a náklady na výrobu a súčasne eliminuje zváranie a upevňovacie prvky. Je to proces šetrný k životnému prostrediu - žiadne iskry, výpary alebo teplo.



Obrázok 7 Proces klinčovania

Zdroj: <http://www.btmcomp.com/clinching>

Proces klinčovania prebieha v troch krokoch, zovretie – stiahnutie – uzamknutie. Vzniknuté spoje sú charakterizované vytvorením takzvaného „gombíka“ na kovovej strane matrice a vybrání vytvorenom v bočnej vrstve razidla. Tento „gombík“ alebo „interlock“ je dobrým ukazovateľom kvality spoju, a preto zjednodušuje kontrolu kvality. Nekvalitný spoj znamená výrobu nepodarkov a to je dôvod na kontrolu výrobkov, ktoré boli vyrobené v čase pred zistením zlyhania.



Obrázok 8 „Gombík“

Zdroj: Interné materiály spoločnosti

Pri uvedenom zariadení sa zameriame na preventívnu obnovu jeho súčastí. Najdôležitejšími časťami zariadenia sú nástroje, ktoré vytvárajú tlak na spájané diely. Tieto nástroje sa nazývajú „punch“ a „die“ alebo „vrchný“ a „spodný“ nástroj.



Obrázok 9 Die

Zdroj: Interné materiály spoločnosti



Obrázok 10 Punch

Zdroj: Interné materiály spoločnosti

Proces klinčovania je vykonávaný klinčovacími zariadeniami BTM s definovanou deformáciou spájaných materiálov. Princípom spoja je "interlock" medzi jednotlivými materiálmi. Z vrchnej strany je hydraulickým systémom tlačенý nástroj „punch“ s nastaveným mechanickým dorazom. Na spodnej strane je nástroj "die" (6-čepel'ový klamp) ktorý usmerňuje tečenie tvarovaného materiálu tak aby vznikol "interlock" - vnútorný presah materiálov.

V našej práci sa zameriame na kontrolu, údržbu a obnovu týchto nástrojov. Sledované nástroje sú umiestnené na dvoch rozličných výrobných linkách, na každej linke sa nachádza jedno zariadenie BTM, ktoré vykonáva klinčovanie na dvoch stranách dielu súčasne. Z toho vyplýva, že na jednej linke sa nachádzajú dva horné a dva dolné nástroje.

4.3 Procesy údržby pre obnovu nástrojov

Pre dosiahnutie kvalitného výrobku je potrebný bezchybný stav vyššie uvedených nástrojov. Z toho dôvodu je nastavenie kontroly a údržby nástrojov kritické pre plynulý chod výroby, ktorá je štruktúrovaná na základe ťahového systému riadenia. Každý úkon je dôkladne plánovaný, aby narušenie chodu linky bolo minimálne a činnosť údržby optimalizovaná.

4.3.1 Kontrola nástrojov

Obnova nástrojov, nemôže prebiehať bezdôvodne a preto je počas výroby vykonávaná pravidelná kontrola nástrojov. Všetky vykonané úkony a kontroly sa zapisujú do záznamovej karty. Záznamová karta je následne archivovaná na dobu jedného roku. Kontrola správnosti chodu zariadenia je nastavená na rôznych úrovniach:

- A. výroba** – kontrola prebieha počas výroby, priamo na linke. Zlyhanie zariadenia sa tu sleduje na týchto stanoviskách:
- line coordinator – zodpovedný pracovník na linke je poverený vizuálne kontrolovať poškodenie vrchného a spodného nástroja pravidelne každé dve hodiny.
 - meracie zariadenie – použité je meracie zariadenie značky Kistler, ktoré meria vyvinutý tlak a odchýlky priamo počas klinčovania. Priebeh a zmeny možno sledovať pri každom klinčovaní v grafe na displeji zariadenia.
 - výstupná kontrola operátorom – pri výstupe z výrobného procesu, výrobok prejde procesom kontroly, ktorú vykoná zaškolený operátor. Jednou z úloh operátora je aj kontrola spojov – „gombíkov“.
- B. údržba** – prebieha podľa vopred stanovených pravidelných kontrol, ktoré sú stanovené prostredníctvom operačného softvéru Agility. Prehľad úkonov na sledovanom objekte a ich frekvencia sú vyjadrené v tabuľke 4.

Tabuľka 4 Údržba klinčovacieho zariadenia BTM

Popis výkonu	Frekvencia
Čistenie celého zariadenia, kontrola zaistenia spojky serva a guľovej skrutky	Týždenne
Kontrola upevnenia káblov, potrubia a hadíc, opotrebenia káblov, vzduchových hadíc, hydraulických hadíc, potrubia, únikov oleja, upevnenia adaptéra razníka	Mesačne
Kontrola pružiny, kontrola a čistenie „punch-u“ a „die-u“, kontrola súosovosti nástrojov	Týždenne
Kontrola počtu cyklov BTM a zápis do Agility	Týždenne

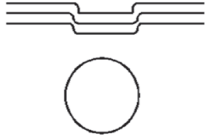
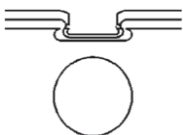
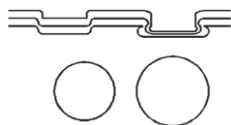
Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

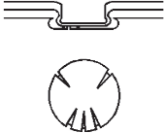
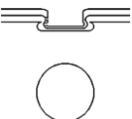
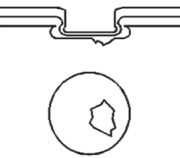
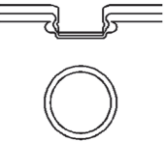
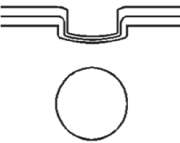
C. kvalita – kontrola je vykonávaná mimo výrobnéj linky na oddelení kvality za použitia meracích zariadení na týchto úrovniach:

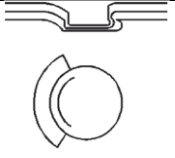
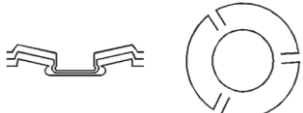
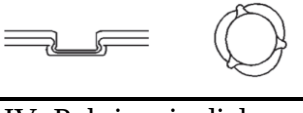
- meranie na CMM prístroji – meranie určených charakteristík výrobku na základe vytvoreného 3D modelu. Vykonáva sa raz za zmenu.
- meranie vzorky spojov – meranie prierezu „gombíka“ pod optickou kamerou s mikroskopom. Vykonáva sa pri každom prvom diely.
- kontrola výstupných dielov – sleduje sa vizuálny stav, funkčnosť a hlučnosť výrobkov. Pravidelná kontrola 2-krát za zmenu.

V prípade zistenia nezhody počas kontroly sa postupuje podľa charakteru poškodenia nástroja a vzniknutých škôd na výrobkoch. Dokument v ktorom sú vyjadrené postupy nápravy podľa spôsobu poškodenia sa nazýva akčný plán. V akčnom pláne sú zamestnanci schopní podľa charakteristiky nezhody na výrobku určiť možnú príčinu a na základe tejto príčiny je ďalej špecifikovaný postup na jej odstránenie. Akčný plán v prípade vytvorenia nepodarku na klinčovacom zariadení sme vyjadrili v tabuľke 5.

Tabuľka 5 Akčný plán

Nezhoda	Možná príčina	Nápravná akcia
I. Úplné zlyhanie spoja		
A. Nevytvoril sa „gombík“	1. Zlomený punch alebo die	Výmena nástroja
	2. Strata pracovného tlaku	Opätovné nastavenie tlaku
	3. Nedostatočná sila	Kontrola sily
B. „Gombík“ vytvorený iba čiastočne, bez stlačenia 	1. Kovy nešpecifikovanej hrúbky	Použiť špecifikované kovy alebo prispôsobiť nástroje
	2. Zlomený elastomer alebo pružina na die	vymeniť zlomenú časť
	3. zmena tlaku	Opätovné nastavenie tlaku
	4. Nesprávne nástroje pre kovy	Overiť dáta spoju / výmena nástroju v prípade potreby
	5. Nesprávna výška zovretia / Nastavenie nástroja	Upraviť výšku zovretia
C. Pretrhnutie alebo prasknutie materiálu na strane punch-u 	1. Kovy nešpecifikovanej hrúbky	Použiť špecifikované kovy alebo prispôsobiť nástroje
	2. Nesprávne nástroje pre kovy	Overiť dáta spoju / výmena nástroju v prípade potreby
	3. Oslabené alebo zlomené pružiny valca	Výmena pružín
	4. Nesústreďný punch a die	zosúladienie nástrojov
II. Nepravidelné zlyhanie		
A. Rovnaké nástroje produkujú nepravidelne dobré a zlé diely 	1. Nedostatočná sila kompenzujúca spájanie dvoch rozdielnych materiálov	Použiť zhodujúce sa materiály. Zvýšenie sily valca
	2. Diely nesedia pri kontrole meradlom	Úprava dielov alebo meradla, aby sedeli
	3. Diely narúšajú prácu nástrojov	Upraviť diely alebo mierku na vytvorenie priestoru
III. Deformované alebo pokrivené spoje		

A. Na gombíku sa objavajú praskliny 	1. Kovy nešpecifikovanej hrúbky alebo tvrdosti	Použiť špecifikované kovy alebo prispôbiť nástroje
	2. Príliš veľký rozmer gombíka, nastavenie väčšie ako nástroj	Znížiť výšku upnutia
	3. Nesprávny nástroj pre materiál	Overiť dáta spoju / výmena nástroja v prípade potreby
	4. Nesústredný punch a die	zosúladenie nástrojov
	5. Nadmerná deformácia	Kontrola poškodenia
B. Praskliny sa objavujú mimo spoja 	1. Kovy nešpecifikovanej hrúbky alebo tvrdosti	Použiť špecifikované kovy alebo prispôbiť nástroje
	2. Nesprávny nástroj pre materiál	Overiť dáta spoju / výmena nástroja v prípade potreby
	3. Nesústredný punch a die	zosúladenie nástrojov
	4. Oslabené alebo zlomené pružiny valca	Výmena pružiny
C. Výstupok alebo nerovnosť na gombíku 	1. Odštiepený nástroj	Výmena nástroja
D. Koncentrický dvojité gombík 	1. Chýbajúci alebo nefunkčný valec	Vymeniť alebo upraviť valec
	2. Dvojité úder	Kontrola ovládania
E. Žiadny spätný tok gombíka - okrúhly vrchol 	1. Oslabené alebo zlomené pružiny valca	Výmena pružín
F. Čiastočný spätný tok gombíka	1. Chýbajúci alebo otvorený zub na die pred spojením	Výmena zubu, alebo kontrola zásahu do zubu pri

		nakladaní dielu
	2. Odchýlka na tlakovom nástroji alebo držiaku	Kontrola poškodenia
G. Preliačiny a neforemný gombík 	1. Chýbajúci zub na die	Výmena zubu
	2. Zlomený elastomer alebo pružina na die	Výmena elastomeru alebo pružiny
H. Asymetricky obmedzený gombík 	1. Zub sa neotvára	Kontrola zásahu
	2. Odchýlka stláča zuby	Kontrola poškodenia Kontrola ochrany zubu
I. Zjazvenie 	1. Pri veľkom zjazvení: Pružina je na dne – nedostatočný pohyb pružiny	Výmena so správnym valcom
	2. Pri malom zjazvení: Die nie je dostatočne chránené	Pridanie ochrany zubov
J. Gombík mimo kruhu 	1. Naťahovanie tlakového nástroja	Kontrola poškodenia
	2. Nesústreďný punch a die	Zosúladenie nástrojov
K. Gombík obmedzený symetricky 	1. Kov je hrubý voči veľkosti spoju, alebo je kov mäkký	Zvyčajne to neovplyvňuje silu spojov
IV. Pokrivenie dielov		
A. Diely sú pokrivené počas spájania 	1. Nedostatočná sila valca	Výmena pružiny za dostačujúcu
	2. Špička valca príliš malá	výmena za väčší nástroj
	3. Nechránené die	Pridanie ochrany zubov
	4. Zuby na die nesiahajú po ochranu	Úprava výšky ochrany
	5. Nesprávne použitie meradla	Úprava alebo výmena meradla
	6. Nesprávne zarovnanie	Nastavenie dorazu na

	častí na diely	zarovnanie
--	----------------	------------

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

4.3.2 Údržba a obnova nástrojov

Údržbu nástrojov vykonávajú kvalifikovaní zamestnanci podľa postupov v pracovných návodoch. Výmena sledovaných nástrojov sa realizuje preventívne na základe vopred stanoveného množstva cyklov, ktoré je daný nástroj schopný uskutočniť bez poruchy. Po prekročení odporúčaného počtu cyklov, sa zvyšuje riziko zlyhania nástroja.

V spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia prebieha sledovaný proces klinčovania na 2 linkách vyrábajúcich rôzne typy strešných systémov. Svoje pozorovanie sme zamerali na tieto linky a obnovu nástrojov na nich. Pretože z každej zo sledovaných liniek vychádza iný typ výrobku, líši sa aj materiál, z ktorého je vyrobený, a tiež počet potrebných spojov. Na základe toho je určený odporúčaný maximálny počet cyklov pre nástroj rozdielny podľa linky ako možno vidieť v tabuľke 6 na výmenu punch-u a v tabuľke 7 na výmenu die-u.

Tabuľka 6 Odporúčaná výmena punch a skrutky

Linka	Počet cyklov
Linka A	90 000
Linka B	200 000

Zdroj: Vlastné spracovanie na základe interných materiálov spoločnosti

V tabuľke 6 možno vidieť rozdelenie liniek, ktoré sme pre lepšiu prehľadnosť označili A a B, podľa počtu cyklov, ktoré je vrchný nástroj – punch schopný dosiahnuť pri minimálnom riziku zlyhania. Nástroj sa vymieňa zároveň so skrutkou slúžiacou na jeho polohovanie. Podľa odporúčaní dodávateľa sa nástroje vymieňajú na linke A po 90 000 cykloch a na linke B po dosiahnutí 200 000 cyklov bez opotrebenia vplývajúceho na kvalitu výrobku.

Tabuľka 7 Odporúčaná výmena die a pružiny

Linka	Počet Cyklov
Linka A	200 000
Linka B	400 000

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

Tabuľka 7 hovorí o objeme opakovaných použití spodného nástroja – die, pri minimálnom riziku zlyhania. Výmena prebieha, podľa odporúčenia, na linke A po 200 000 cykloch a nástroj na linke B vydrží 400 000 cyklov.

Line coordinator vykonáva kontrolu stavu klinčovacích nástrojov podľa nasledovných bodov:

A. Kontrola vrchného nástroja – punch:

- prítlačné puzdro bez poškodenia,
- klinčovací trň nesmie presahovať úroveň puzdra,
- klinčovací trň nesmie byť poškodený na raziacej strane,
- priestor medzi puzdrom a trňom nesmie byť znečistený.

B. Kontrola spodného nástroja – die:

- farba O-krúžku musí byť modrá,
- klieštiny musia byť kompletne a bez poškodenia,
- vonkajšie valcové puzdro musí byť bez poškodenia,
- medzi klieštinami a puzdrom nesmie byť znečistenie.



Obrázok 11 Stav nástrojov po 450 tis. cykloch

Zdroj: interné materiály spoločnosti

Line coordinator na nástroji môže spozorovať niekoľko zlyhaní:

- zničená povrchová úprava tela die,
- vyskočený zub die,
- zničená povrchová úprava zubov na die,
- uvoľnený chránič na die,
- zničené telo die,
- prasknutý chránič na die,
- nesúosnosť nástrojov,
- zlomená skrutka v držiaku punch-u,
- prasknutá špička výtlačnej časti punch-u.

V prípade, že zamestnanec zachytí poškodenie jedného z nástrojov počas vizuálnej kontroly, je povinný pokračovať podľa vopred stanoveného reakčného plánu:

1. Okamžité zastavenie výroby – zápis NOK (not ok) stavu do „Zbernej karty“.
2. Privolanie údržby.
3. Oznam a kontrola na stanovisku výstupnej kontroly.
4. Označiť posledný vyrobený rám s popisom chyby (POŠKODENÝ RÁM). Ďalej zapísať, ktorý nástroj zlyhal.
5. Označený rám odložiť pre účely trhacích testov.
6. Skontrolovať všetky rámy od výstupu z klinčovania až po stanovisko výstupnej kontroly, kým sa nenájde posledný OK rám, ak sa nenájde, je potrebné zablokovat' a stiahnuť všetky výrobky od poslednej kontroly nástroja.
7. Čísla skontrolovaných rámov zapísať do záznamu o poškodenom nástroji.
8. Všetky diely s NOK klinčom zablokovat'.
9. Po výmene nástroja zapísať prvý vyrobený rám a dať ho skontrolovať a premerať inšpektorom kvality a zapísať do záznamu.
10. Vyhodnotiť rámy – NOK rámy odstrániť, celé výrobky demontovať a rámy odstrániť.

Na základe vykonaných kontrol na rôznych úrovniach vo výrobnom procese, prebieha pri detekovaní zlyhania obnova opotrebovaných nástrojov. Zozbieraním dát zo

zápisov v „zberných kartách“ sme vytvorili prehľad vykonaných obnov počas rokov 2018 a 2019 v grafe 1.



Graf 1 Prehľad vykonaných obnov za obdobie 2018-2019

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

V grafe 1 možno pozorovať nepravidelný priebeh obnovy v sledovaných obdobiach. Nástroje boli najčastejšie obmieňané v ôsmom mesiaci oboch rokov. Príčinou tohto opakovaného javu je pravidelný zvýšený dopyt po výrobkoch v jesennom období, teda aj zvýšenie výroby a aj opotrebenia klinčovacích nástrojov. Riešením tohto problému je optimalizácia výkonu preventívnej obnovy nástrojov.

4.4 Aplikácia modelov obnovy

Úlohou tejto časti našej práce je oboznámenie sa s ekonomickým hľadiskom skúmaného procesu obnovy nástrojov. Nižšie si vyjadríme jednotkovú cenu nástrojov, množstvo spotreby nástrojov, potrebný počet použití na výrobu jedného výrobku a aj prehľad výšky nákladov na obnovu za posledné obdobia.

V kapitole 4.4.2 sa venujeme modelovaniu preventívnej obnovy nami sledovaných nástrojov v určitom veku. Cieľom je určenie optimálnej doby preventívnej obnovy nástroja počas jeho používania, aby sme zabezpečili čo najnižšie náklady na obnovu.

Kapitola 4.4.3 preberá tému optimalizácie modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu aplikovanú v spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia na nami sledovaných

linkách A a B. Zámerom je určiť ekonomicky najvýhodnejšiu dobu kontroly výrobného procesu.

4.4.1 Ekonomické aspekty obnovy nástrojov

Vyčíslenie nákladov na zlyhanie nástroja možno, v nami sledovanom procese, rozdeliť na náklady vzniknuté údržbe a náklady vzniknuté vo výrobe. Náklady vzniknuté pre oddelenie údržby vyjadrujeme súčtom ceny obnoveného nástroja a mzdou zamestnanca prepočítanou podľa doby trvania úkonu. Obstarávacie ceny nástrojov sú vyjadrené v tabuľke 8. Prepočítaná hodnota výkonu údržbára pri výmene jedného nástroja je 5,80 €.

Tabuľka 8 Cena nástrojov Inalfa

Názov dielu	Cena/kus
punch 034639-8	191,10 €
punch 034812-8	225,00 €
retain screw PD266200A	6,20 €
die 761700GEBS	356,10 €
die 01-669-01330	438,50 €

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

Náklady vzniknuté vo výrobe sú vyjadrené súčtom cien vyradených dielov a mzdou zamestnancov potrebných na demontáž týchto dielov. Náklady výroby na jeden nepodarok na linke A sú 34,00 €, na linke B je to 65,00 €. Ak počítame so zachytením zlyhania nástroja pri priemernej výrobe s kontrolou vykonávanou každé dve hodiny a priemernom počte vyrobených kusov 31 ks za hodinu na linke A a 33 ks za hodinu na linke B, výška nákladov výroby po prepočte je 2108,00 € pre linku A a 4290,00 € pre linku B.

Spoločnosť Inalfa Roof Systems Slovakia, z dôvodu vysokých nákladov v prípade neplánovanej obnovy nástrojov v dôsledku zlyhania, uskutočňuje preventívnu obnovu nástrojov vždy po vykonaní odporúčaného počtu cyklov od dodávateľa zariadenia. Keďže na nami sledovaných linkách A a B je na výrobu dielov potrebný rozdielny počet spojov a na základe iného typu nástroja aj rozdielny počet odporúčaných cyklov. Počet cyklov potrebných na výrobu strešného systému na linke A je 6 a počet cyklov potrebných na linke B je 11.

Tabuľka 9 Prehľad vyrobených kusov

Počet vyrobených kusov	2018	2019	2020
Linka A	161 258	172 993	197 712
Linka B	191 700	200 257	170 950

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

V tabuľke 9 možno vidieť prehľad vyrobených kusov na sledovaných linkách A a B v priebehu rokov 2018, 2019 a predpoveď počtu vyrobených kusov pre rok 2020, vyjadrenú na základe objednávok od zákazníka. V súčasnom roku sa na linke A predpokladá vzrásť výroby o 24 719 kusov a na linke B je prognózovaný pokles o 29 307 kusov strešných systémov. Na základe získaných údajov sme pomocou prepočtu mohli vyjadriť v tabuľke 10 objem spotrebovaných nástrojov za roky 2018, 2019 a predpoveď pre rok 2020.

Tabuľka 10 Spotreba nástrojov po linkách

Linka A	2018	2019	2020
punch 034639-8	22	24	28
retain screw PD266200A	22	24	28
die 761700GEBS	10	12	12
Linka B			
punch 034812-8	22	24	20
retain screw PD266200A	22	24	20
die 01-669-01330	12	12	10

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

Objem spotrebovaných nástrojov spolu s ich cenou nám poslúži pre výpočet nákladov vynaložených na obnovu používaných vrchných a spodných nástrojov spolu. V tabuľke 11 je vyčíslená výška vynaložených nákladov na obnovu nástrojov za sledované obdobia.

Tabuľka 11 Náklady na obnovu nástrojov

Náklady na obnovu nástrojov	2018	2019	2020
punch 034639-8	4 204,20 €	4 586,40 €	5 350,80 €
die 761700GEBS	3 561,00 €	4 273,20 €	4 273,20 €
retain screw PD266200A	272,80 €	297,60 €	297,60 €
punch 034812-8	4 950,00 €	5 400,00 €	4 500,00 €
die 01-669-01330	5 262,00 €	5 262,00 €	4 385,00 €
Σ	18 113,60 €	19 670,40 €	18 682,60 €

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

Na základe údajov vyjadrených v tabuľke 11 môžeme tvrdiť, že na linke A spotreba vrchného nástroja v sledovaných časových intervaloch rastie a predpoklad na spotrebu dolného nástroja v roku 2020 stagnuje, náklady na spotrebu vrchného aj spodného nástroja na linke B v roku 2020 by mali poklesnúť. Náklady na obnovu nástrojov by mali v roku 2020 oproti predchádzajúcemu roku 2019 klesnúť o 987,80 €.

Celkové náklady na obnovu dostaneme ak k nákladom na obnovu nástrojov pripočítame aj mzdu zamestnancov. Pre výpočet použijeme súčet obnov v jednotlivých rokoch, ktorý násobíme mzdou zamestnanca za dobu potrebnú na obnovu nástroja. Výsledné hodnoty sme vyjadrili v tabuľke 12.

Tabuľka 12 Celkové náklady na obnovu nástrojov

Celkové náklady	2018	2019	2020
cena nástrojov	18 250,00 €	19 819,20 €	18 806,60 €
mzdové náklady	389,40 €	424,80 €	413,00 €
Spolu	18 639,40 €	20 244,00 €	19 219,60 €

Zdroj: vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti

4.4.2 Modelovanie preventívnej obnovy v určitom veku

Pri našom skúmaní sme sa na základe analýzy získaných a vyššie uvedených dát rozhodli pre výpočet optimalizácie modelov preventívnej obnovy v určitom veku. V nami analyzovanej spoločnosti sme sa rozhodli modelovať preventívnu výmenu už spomínaných nástrojov na klinčovanie.

Cieľom tohto modelovania je určiť čas, v ktorom je realizácia preventívnej výmeny ekonomicky najvýhodnejšia, respektíve aby jej náklady na používanie boli minimálne. Kľúčovým prvkom pri tomto modelovaní je porovnanie nákladov v priebehu používania. Pre výpočet preventívnej obnovy použijeme vzorec (1.29):

$$C(n) = \frac{C_p \cdot r_n + C_v \cdot (1 - r_n)}{r_0 + r_1 + \dots + r_{n-1}}$$

Pomocou nazhromaždených údajov a ich postupným prepočtom sme vyjadrili premenné, ktoré sú potrebné pre výpočet podľa vzorca 1.29. Náklady na preventívnu výmenu (C_p) sú vyjadrené ako súčet ceny nástroja a ceny práce zamestnanca vykonávajúceho výmenu. Náklady vyplývajúce zo zlyhania objektu (C_z) sú podľa interných materiálov spoločnosti vyjadrené súčinom ceny výrobku s priemerným počtom vyrobených strešných systémov počas doby nápravy zlyhania. Pravdepodobnosť zlyhania a_n , pre všetky nástroje je vyjadrená podľa údajov poskytnutých dodávateľom zariadenia, a to 0,0583 % pri dodržaní odporúčanej životnosti. Po prekročení odporúčanej životnosti nástrojov, dodávateľ stanovil konštantné zvyšovanie pravdepodobnosti zlyhania o 10 %.

Na základe uvedených predpokladov možno dosadiť do vzorca potrebné údaje. Pre lepšiu prehľadnosť sme prepočítané premenné vyjadrili v tabuľke 13.

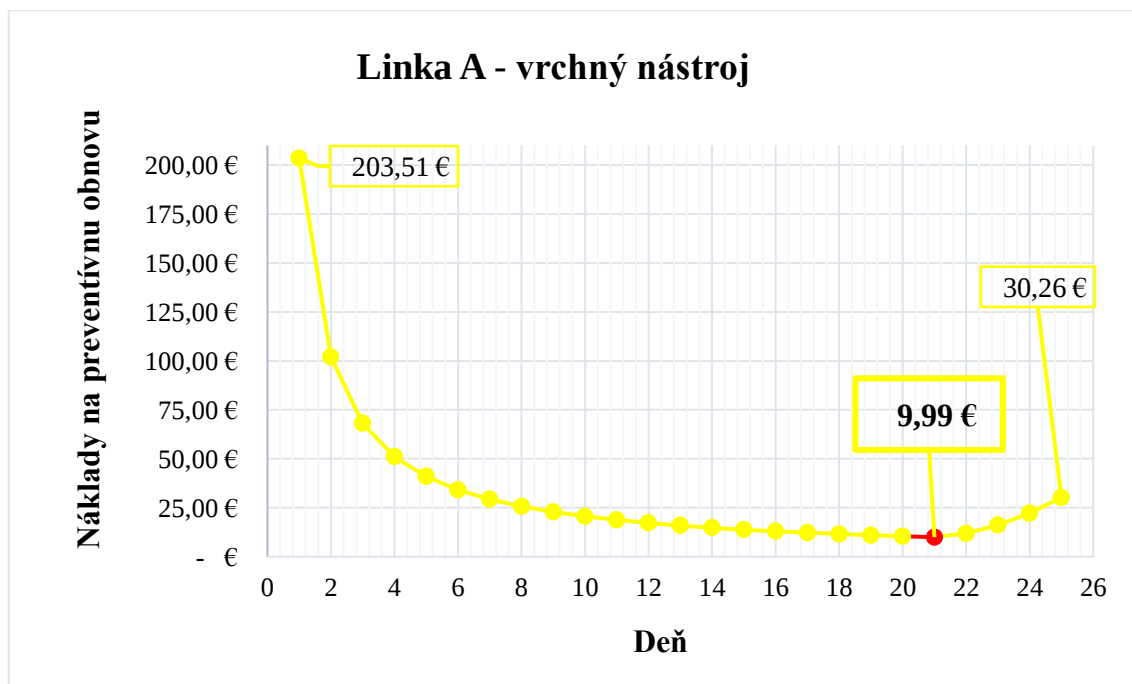
Tabuľka 13 Prehľad údajov na výpočet preventívnej obnovy v určitom veku

Preventívna obnova v určitom veku	Linka A		Linka B	
	punch 034639-8 + retain screw PD266200A	die 761700GEBS	punch 034812-8 + retain screw PD266200A	die 01-669- 01330
Náklady na preventívnu výmenu - C_p	203,20 €	362,00 €	237,10 €	444,40 €
Náklady vyplývajúce zo zlyhania objektu - C_z	527,00 €	527,00 €	1 072,50 €	1 072,50 €
Náklady na výmenu pri zlyhaní - C_v	730,20 €	889,00 €	1 309,60 €	1 516,90 €
Životnosť nástroja v dňoch	21	46	24	47
Pravdepodobnosť zlyhania nástroja	0,0583%	0,0583%	0,0583%	0,0583%

Zdroj: vlastné spracovanie

Preventívna obnova vrchného nástroja linky A

Po vyjadrení počtu dní životnosti, môžeme vypočítať pravdepodobnosť zlyhania a_n pre jednotlivé nástroje a dĺžku sledovaného obdobia preventívnej obnovy. Doba sledovania vrchného nástroja na linke A s životnosťou 21 dní pri priemernej dennej výrobe je 25 dní. Pravdepodobnosť zlyhania a_1 až a_{21} sa rovná 0,0583 %. Pravdepodobnosť zlyhania vo veku a_{22} je 10,058 %, vo veku a_{23} sa zlyhanie rovná 20,058 %, v období a_{24} je to 30,058 % a vo veku a_{25} je pravdepodobnosť zlyhania 40,058 %. Aplikáciu premenných do modelu preventívnej obnovy sme sa rozhodli interpretovať v grafickej podobe.



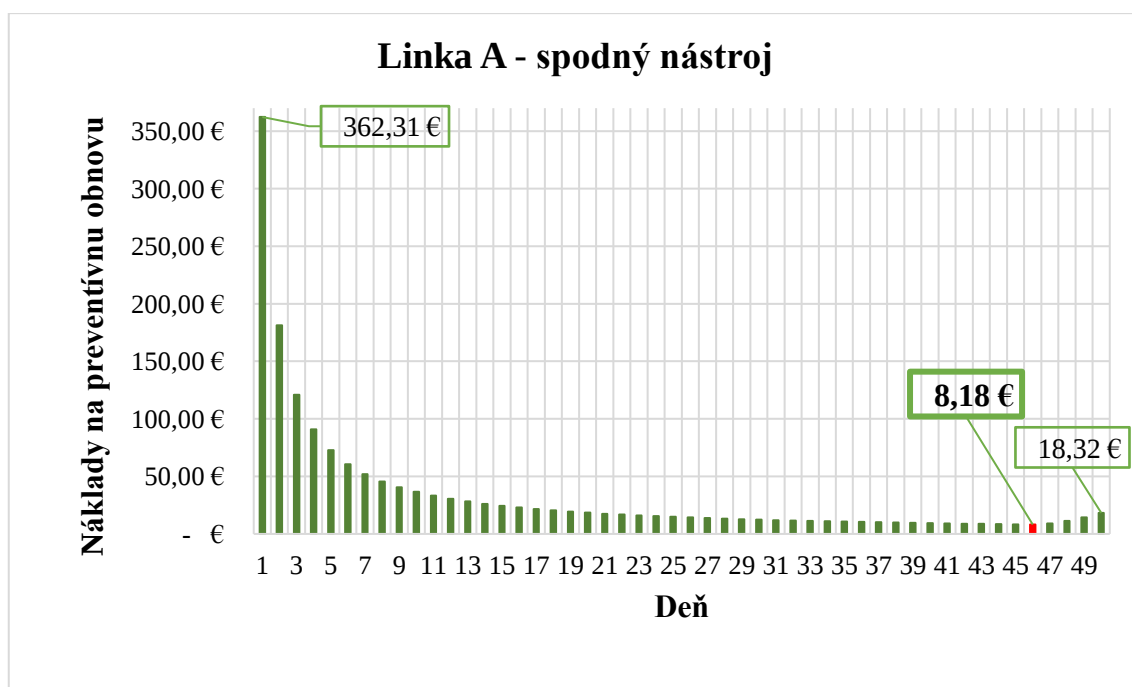
Graf 2 Optimálna preventívna obnova „punch-u“ na linke A

Zdroj: vlastné spracovanie

Graf 2 vypovedá o klesajúcich nákladoch na preventívnu obnovu „punch-u“ na linke A. Náklady klesajú z maximálnej hodnoty 203,51 € v prvý deň používania na minimálnu hodnotu 9,99 € v dvadsiaty-prvý deň používania. Pretože spoločnosť dosiahne najmenšie náklady na preventívnu obnovu 9,99 € pri používaní nástroja po dvadsaťjeden dňoch, odporúčame výmenu uskutočniť po dvadsiatom prvom dni používania.

Preventívna obnova spodného nástroja linky A

Doba sledovania spodného nástroja na linke A je 50 dní. Životnosť pri priemernej dennej produkcii linky je 46 dní. Pravdepodobnosť zlyhania počas odporúčanej životnosti a_1 - a_{46} je 0,0583 %. Po prekročení veku a_{46} sa pravdepodobnosť zlyhania zvyšuje konštantne o 10 % respektíve $a_{47} = 10,058$ %, $a_{48} = 20,058$ %, $a_{49} = 20,058$ % a $a_{50} = 20,058$ %. V grafe 3 sme vyjadrili optimálnu preventívnu obnovu spodného nástroja používaného na linke A.



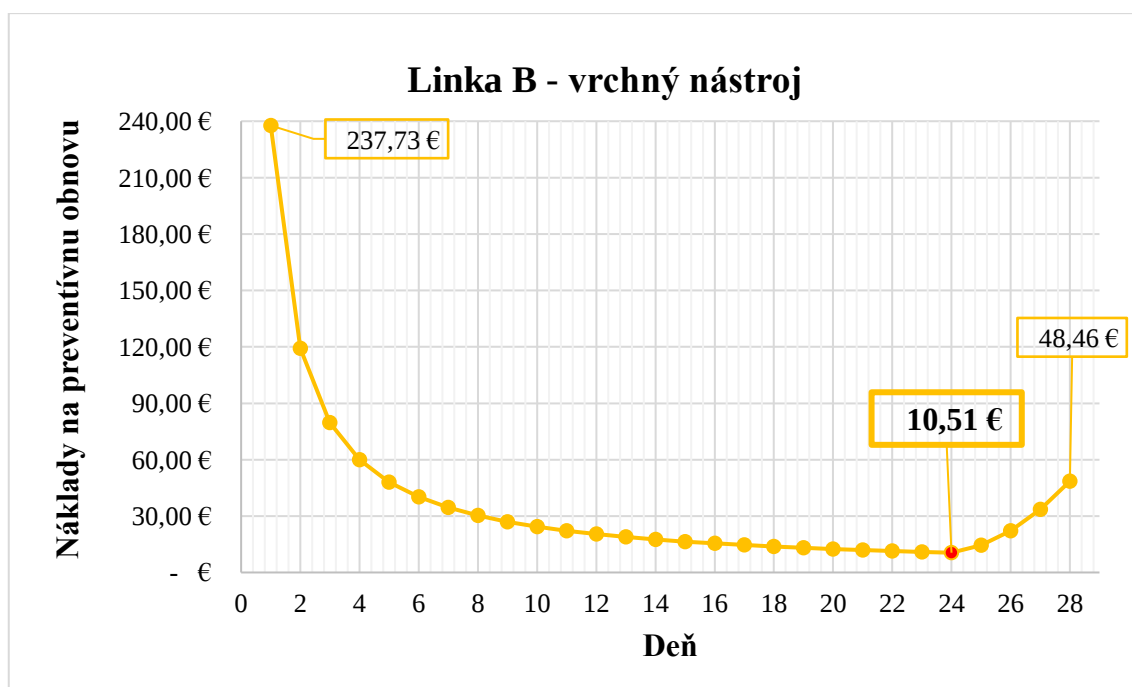
Graf 3 Optimálna preventívna obnova „die-u“ na linke A

Zdroj: vlastné spracovanie

Na základe spracovaných údajov, sme v grafe 3 zobrazili, v ktorom období počas používania nástroje je optimálne vykonať obnovu. Po výške nákladov obnovy 362,31 € v prvý deň obnovy nasleduje pokles až po 46. deň používania. Minimálne náklady dosiahnuté po štyridsiatych-šiestich dňoch používania sú vo výške 8,18 €. Preventívnu výmenu odporúčame vykonať po dosiahnutí tohto veku. Následne sa náklady na preventívnu obnovu opätovne zvyšujú, až na hodnotu 18,32 € v deň 49.

Preventívna obnova vrchného nástroja linky B

Počet dní životnosti nástroja „punch“, používaného na linke B, je 24 podľa odporúčaní dodávateľa. Vývoj nákladov preventívnej obnovy nástroja v našej práci sledujeme počas 28 dní. Pravdepodobnosť zlyhania je vyjadrená vo výške 0,0583 % pre vek nástroja a_1 až a_{24} . Vo veku a_{25} je možnosť zlyhania nástroja 10,058 %, vo veku a_{26} je zlyhanie pravdepodobné na 20,058 %, vo veku nástroja a_{27} je to 30,058 % a v a_{27} je pravdepodobnosť že nástroj zlyhá vo výške 40,058 %. Model preventívnej obnovy v určitom veku vrchného nástroja na linke B je vyjadrený v grafe 4.



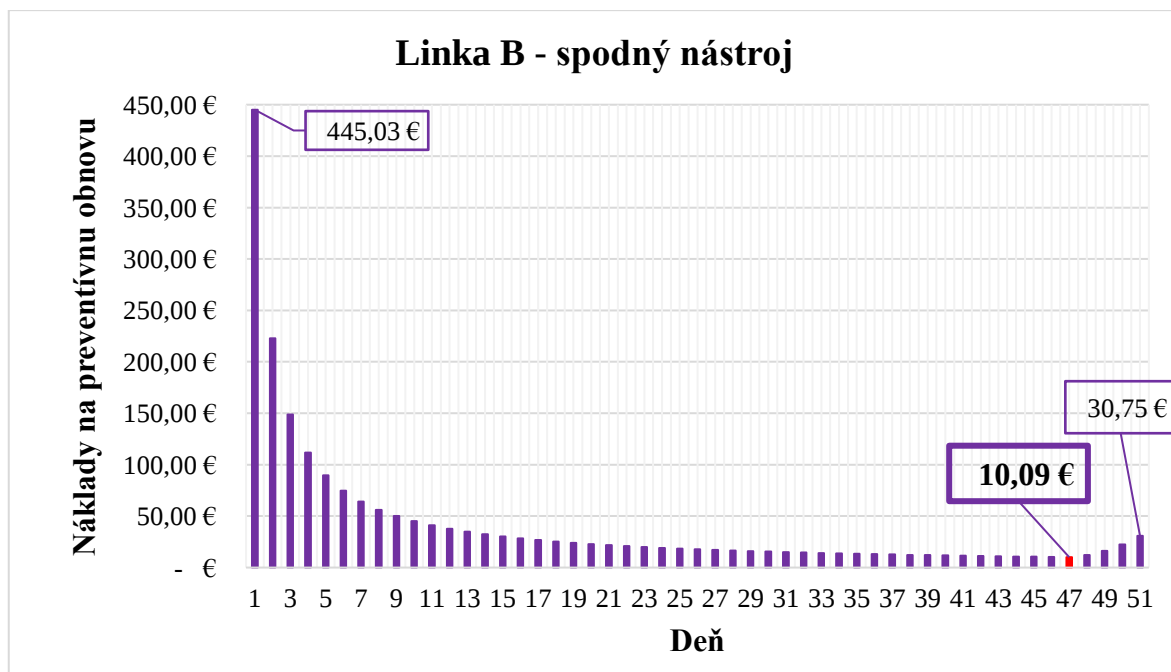
Graf 4 Optimálna preventívna obnova „punch-u“ na linke B

Zdroj: vlastné spracovanie

V grafe 4 sledujeme vývoj nákladov na preventívnu obnovu „punch-u“ na linke B. Maximálne náklady sú v prvý deň sledovania, 237,73 € a v posledný deň sledovania sú náklady preventívnej obnovy vo výške 48,46 €. Minimálne náklady na preventívnu obnovu 10,51 € sú dosiahnuté pri používaní nástroja dvadsaťštyri dní. Výmenu nástroja odporúčame uskutočniť po dvadsiatom štvrtom dni požívania.

Preventívna obnova spodného nástroja linky B

Spodný nástroj na linke B je sledovaný v intervale päťdesiatjeden dní. Životnosť pri priemernej dennej produkcii výroby je stanovená na štyridsaťsedem dní. V rozmedzí období a_1 až a_{47} je výška pravdepodobnosti zlyhania 0,0583 %. Existuje 10,058 % možnosť, že nástroj zlyhá v a_{48} , 20,058 % možnosť zlyhania v a_{49} a v obdobiach a_{50} a a_{51} je pravdepodobnosť zlyhania spodného nástroja linky B vo výške 30,058 % a 40,058 %. Tieto hodnoty sú aplikované vo výpočte modelu preventívnej obnovy, ktorého interpretáciu sme vyjadrili v grafe 5.



Graf 5 Optimálna preventívna obnova „die-u“ na linke B

Zdroj: vlastné spracovanie

Náklady na preventívnu obnovu spolu s rastom veku spodného nástroja na linke B klesajú z výšky 445,03 € na minimálnu hodnotu 10,09 € v štyridsiaty siedmy deň používania. Obnovu nástroja je treba vykonať po štyridsiatom siedmom dni, pretože spoločnosť dosiahne najmenšie náklady na obnovu.

4.4.3 Modelovanie optimalizácie obnovy s kontrolou výrobného procesu

Zlyhanie nástroja v sledovanom výrobnom procese sa neprejavuje zastavením chodu linky. To môže mať za následok nefunkčné výrobky a ich nefunkčnosť sa prejaví až pri kontrole kvality. Optimalizácia obnovy s kontrolou výrobného procesu nám určuje čas v ktorom by sa mala vykonávať kontrola kvality produkovaných výrobkov.

Klinčovanie v spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia vykonáva zariadenie BTM automaticky. V prípade zlyhania, ktoréhokoľvek z nástrojov začne spoločnosť produkovať chybné výrobky až do doby kým nie je realizovaná kontrola. Výpočet modelovania sme uskutočnili pomocou vzorca (1.35):

$$C(n) = \frac{c_{ko} + c_o(1-p^n) + c_{ch} \left[n - \frac{1-p^n}{1-p} \right]}{n}$$

Prostredníctvom rozhovorov s nami prideleným odborným konzultantom spoločnosti a pozorovaním priebehu procesu, sme boli schopní identifikovať potrebné premenné pre výpočet vzorca. Kvôli lepšej prehľadnosti a použitiu sme údaje zapísali do tabuľky 14.

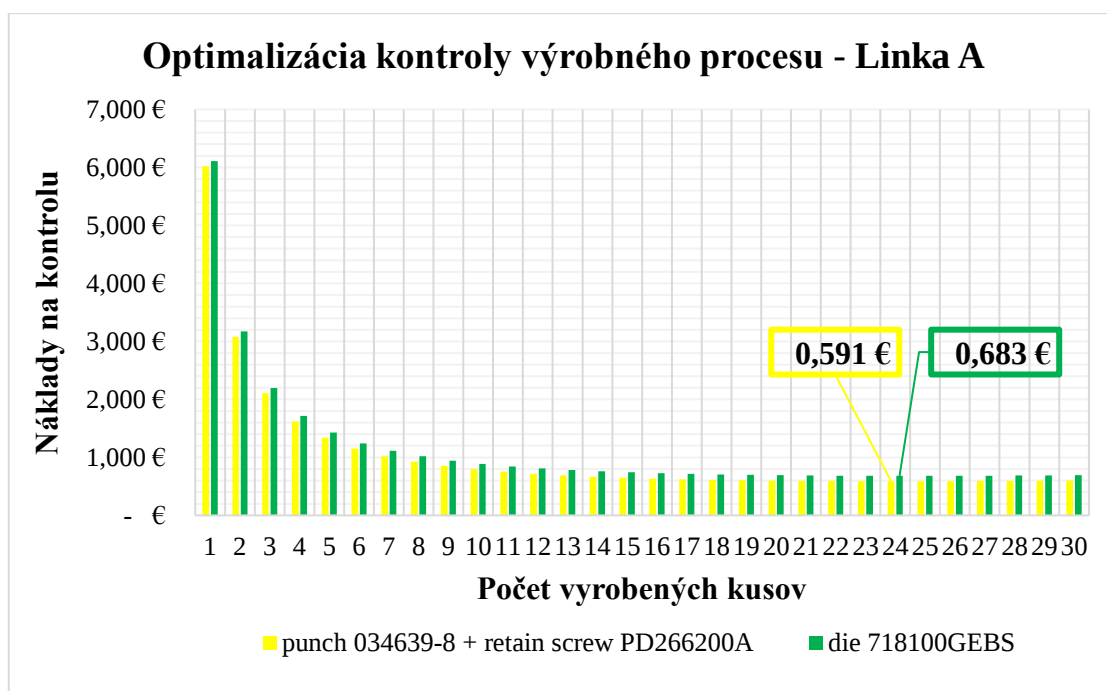
Tabuľka 14 Optimalizácia modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu

Optimalizácia modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu	Linka A		Linka B	
	punch 034639-8 + retain screw PD266200A	die 718100GEBS	punch 034812-8 + retain screw PD266200A	die 01-669-01330
Náklady na chybné vyrobený produkt - C_{ch}	34,00 €	34,00 €	65,00 €	65,00 €
Náklady na kontrolu procesu C_{ko}	5,90 €	5,90 €	5,90 €	5,90 €
Náklady na opravu zariadenia C_o	203,20 €	362,00 €	237,10 €	444,40 €
Pravdepodobnosť zlyhania p	0,0583%	0,0583%	0,0583%	0,0583%

Zdroj: Vlastné spracovanie

V predchádzajúcej tabuľke sme vyjadrili výšku nákladov na produkt, ktorý bol chybné vyrobený v dôsledku zlyhania klinčovacích nástrojov „punch“ alebo „die“. Suma týchto nákladov na jeden produkt na linke A sa rovná 34,00 € a na linke B sú náklady 65,00 € za kus. Náklady na kontrolu procesu trvajúcu 30 minút, sú na všetkých linkách rovnaké a to vo výške 5,90 €. Náklady na opravu zariadenia, respektíve výmenu nástroja sú na linke A pri výmene vrchného nástroja 203,20 €, pri výmene spodného nástroja 362,00 €. Náklady na opravu „punch-u“ na linke B sa rovnajú 237,10 € a na obnovu „die-u“ je to 444,40 € za jeden nástroj. Pravdepodobnosť zlyhania výroby počas životnosti nástrojov je konštantná 0,0583 %.

Optimálny čas kontroly výrobného procesu pri riziku zlyhania klinčovacích nástrojov na linkách A a B, sme prehľadne vyjadrili v grafoch 6 a 7.

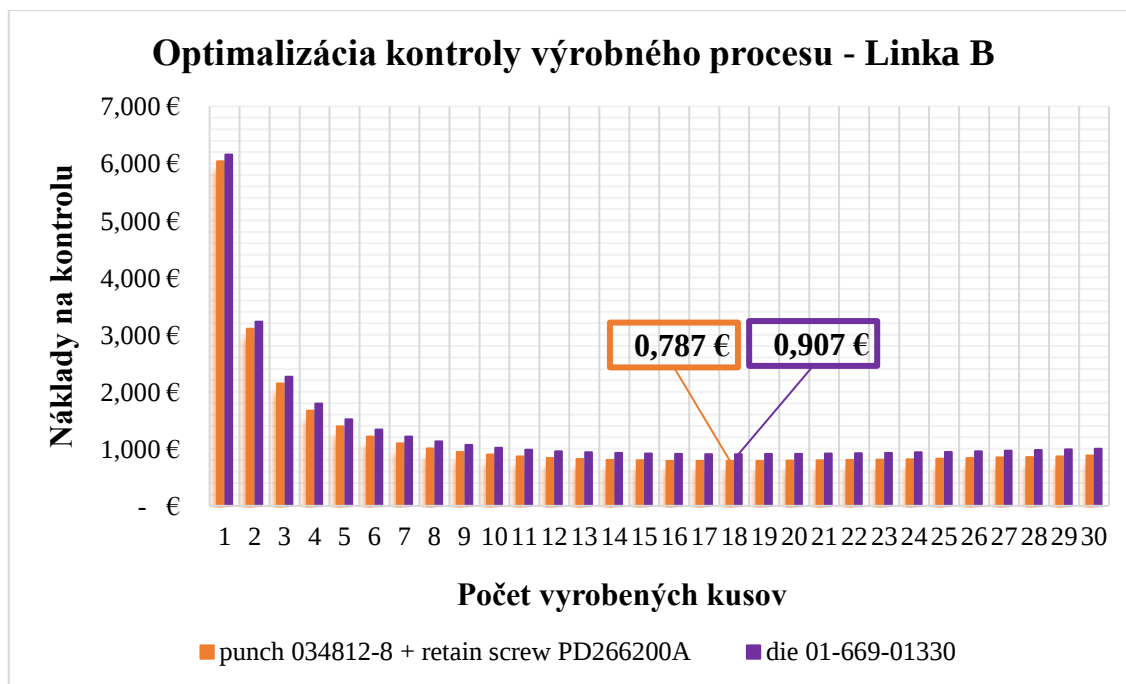


Graf 6 Optimálna kontrola výrobného procesu na linke A

Zdroj: vlastné spracovanie

V prípade sledovaných nástrojov klinčovacieho zariadenia na linke A sme zistili, že náklady na kontrolu výrobného procesu, rovnako pri vrchnom aj pri spodnom nástroji, klesajú na svoje minimum, spolu so zvyšovaním počtu kontrolovaných kusov. Najnižšie náklady na kontrolu správneho priebehu klinčovania vrchného nástroja sú 0,59 € a na kontrolu zlyhania spodného nástroja sú najnižšie možné vynaložené náklady 0,68 €. Minimum nákladov na kontrolu oboch nástrojov, dosiahne linka A, ak vykoná kontrolu po výrobe každého dvadsiateho štvrtého výrobku.

Počas modelovania obnovy s kontrolou výrobného procesu, aplikované na sledovaných nástrojoch „punch“ a „die“ určených na spájanie kovov pri výrobe automobilových strešných systémov na linke B, sme identifikovali rovnaký vývoj nákladov na kontrolovanie pri oboch nástrojoch. Najnižšie náklady pri kontrole nástrojov dosiahne linka B, ak bude vykonávať kontrolu po vyrobení každého osemnásteho výrobku. Minimálne náklady v tomto bode sú pre kontrolu zlyhania vrchného nástroja 0,787 €. Po vyrobení osemnástich výrobkov dosiahne linka B najnižšie náklady na kontrolu zlyhania aj pri spodnom nástroji a to 0,907 €.



Graf 7 Optimálna kontrola výrobného procesu na linke B

Zdroj: vlastné spracovanie

Kontrolou výrobného procesu na zabránenie výroby nepodarkov, z príčiny zlyhania vrchného alebo spodného nástroja na linke A a B odporúčame vykonávať po stanovenom počte vyrobených kusov. Tým sa minimalizujú náklady spojené s kontrolou výrobného procesu a rizikom zlyhania nástrojov.

Záver

V súčasnom období, keď sa spoločnosti všetkými prostriedkami pripravujú na príchod ekonomickej krízy, je trend znižovania prevádzkových nákladov stále vyšší. V európskom automobilovom priemysle sa prikladá veľký dôraz na znižovanie nákladov a spotreby materiálu. Na zníženie spotreby v podniku možno použiť modely optimalizácie obnovy objektov. Najefektívnejšie využívanie vyjadrené popisovanými modelmi je nielen ekonomicky, ale aj ekologicky výhodné pre spoločnosť a jej okolie.

V prvej kapitole tejto diplomovej práce sa venujeme súčasnej problematike riešeného problému aplikácie modelov obnovy vo vnútropodnikovom manažmente výroby. Objasňujeme si v nej pojmy ako obnova, životnosť, modernizácia či klinčovanie. Ďalej sme si priblížili metódy operačnej analýzy a postupy výpočtu modelov obnovy v závislosti od nákladov a diskkrétne modely obnovy.

Cieľom diplomovej práce bolo preskúmať praktické využitie modelov obnovy vo vybranej spoločnosti a na základe metód, vybraných v tretej kapitole, navrhnúť prípadné riešenia, ktoré by boli schopné optimalizovať procesy spoločnosti.

Vo vlastnej práci sme prostredníctvom rozhovorov, pozorovania, analýzy a modelov operačnej analýzy zhodnotili proces obnovy nástrojov v spoločnosti Inalfa Roof Systems Slovakia. Na základe získaných dát o prebiehajúcich procesoch v spoločnosti, sme sa rozhodli sledovať obnovu nástrojov klinčovacieho zariadenia. Skúmané objekty sme sledovali na dvoch rozdielnych linkách A a B a výsledné premenné možno porovnávať.

Počas skúmania sme objavili nedostatky v organizácii preventívnej obnovy sledovaných vrchných a spodných nástrojov na linkách A a B, ako je možné vidieť v grafe 1, potreba obnovy je určitých ročných obdobiach vyššia ako v ostatných. Ako riešenie sme vymodelovali optimalizáciu preventívnej obnovy nástrojov v súvislosti s nákladmi v určitom veku. Podľa tohto modelu sme určili najefektívnejší vek nástroja, na vykonanie preventívnej obnovy. Na linke A sme určili optimálny vek na preventívnu výmenu vrchného nástroja po dvadsiatom prvom dni používania, preventívna obnova spodného nástroja na linke A sa odporúča vykonať po štyridsiatom šiestom dni používania. Na linke B odporúčame vykonávať preventívnu výmenu vrchného nástroja po dvadsiatom štvrtom dni v prevádzke a obnovu spodného nástroja po štyridsiatich siedmich dňoch v prevádzke.

Prostredníctvom získaných dát z minulých období sme boli tiež schopní predpovedať výšku a štruktúru nákladov obnovy klinčovacích nástrojov, ktoré budú potrebné v roku 2020. Výroba na linke A bude podľa prognózy naďalej stúpať, ale naopak na linke B bude množstvo vyrobených výrobkov v roku 2020 klesať. Celková hodnota nákladov na obnovu nástrojov bude, podľa hodnôt vyjadrených v tabuľke 12, v roku 2020 nižšia oproti roku 2019 o sumu v hodnote 1 024,40 €.

Ďalším prínosom predloženej diplomovej práce je určenie času optimálnej kontroly výrobného procesu pri riziku zlyhania klinčovacích nástrojov s cieľom určenia času minimálnych nákladov. Pomocou optimalizácie modelov obnovy s kontrolou výrobného procesu sme určili ekonomicky najvýhodnejší bod kontroly zlyhania klinčovacích nástrojov na linke A po vyrobení dvadsiateho štvrtého výrobku a na linke B je optimálne vykonávať kontrolu po osemnástom vyrobenom strešnom systéme.

Znižovanie nákladov je cieľom každej spoločnosti. Prostredníctvom našej práce ponúkame možnosti optimalizácie nákladov v riešenej problematike. Východiská modelov obnovy zabezpečujú pre výrobné spoločnosti nielen možnosť optimalizácie nákladov, ale pri ich aplikácii sa tiež znižuje riziko zlyhania.

Zoznam použitej literatúry

Knihy monografie

1. ALBU, Adriana – RUSEŤ, Vasile et al. *Analysys and development of technology's value model for machine tool renewal management*. In: Annals of DAAAM for 2009 & Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium. Vienna: DAAAM International, 2009, vol. 20, pages 1829-1830. ISBN 978-3-9015.
2. BREZINA, Ivan a Juraj PEKÁR. *Operačná analýza v podnikovej praxi*. Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, 2014, 280 s. [17,82 AH]. ISBN 978-80-225-4012-4.
3. BREZINA, Ivan a IVANIČOVÁ, Zlatica a PEKÁR, Juraj. *Operačná analýza*. Bratislava: Wolter Kluwer (Iura Edition), 2007. 243 s. ISBN 978-80-807-8176-7.
4. HRABLIK CHOVANOVÁ, Henrieta a kol. *Operačná analýza časť II*. Trnava: Slovenská technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-8096-165-7.
5. JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing. 323 s. ISBN 808-64-1942-8.
6. MURÍN, Adolf – GREŇČÍK, Juraj – STUHLÝ, Vladimír. *Organizácia údržby a údržbové systémy*. Žilina: Žilinská univerzita, 2007. s. 17-24. ISBN 978-80-8070-667-8.
7. PELIKÁN, Jan. *Diskrétní modely v operačním výzkumu*. Praha: Professional Publishing. 163 s. 2001. ISBN 80-86419-17-7.
8. PEŠKO, Štefan – SMIEŠKO, Juraj. *Stochastické modely operačnej analýzy*. 1. vyd. Žilina: EDIS – vydavateľstvo ŽU, 1999. 244 s. ISBN 80-7100-570-3.
9. RAVINDRAN, A. Ravi. *Operations Research Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2008. 424 s. ISBN 978-1-4200-9186-1.
10. UNČOVSKÝ, Ladislav – ČEMICKÁ, Katarína. *Stochastické procesy a modely*. 1. vyd. Bratislava: Rektorát Vysoké školy ekonomickej v Bratislave, 1992. 220 s. ISBN 80-225-0340-1.
11. UNČOVSKÝ, Ladislav. *Operačná analýza v riadení podnikov*, 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1985. 444 s.
12. UNČOVSKÝ, Ladislav. *Stochastické modely operačnej analýzy*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1980. 415 s.

13. VALENČÍK, Štefan a Martin BOSÁK. Teória a prax obnovy strojov. *Podniková revue: vedecký časopis Podnikovohospodárskej fakulty Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach*. Košice: Podnikovohospodárska fakulta EU so sídlom v Košiciach, 2012, **11**(24), 58-69. ISSN 1335-9746.
14. VALENČÍK, Štefan – STEJSKAL, T. *Základy prevádzky a údržby strojov*. 1. vyd. Košice: Strojnícka fakulta TU v Košiciach, 2009. 106 s. ISBN 978-80-553-0252-2.
15. WOODROOFE, Michael. *Nonlinear Renewal Theory in Sequential Analysis*. Philadelphia: Department of Statistics University of Michigan, 1982. ISBN 0-89871-180-0.

Internetové zdroje

16. PEŠKO, Štefan. 2002. Slovenská Poľnohospodárska Univerzita v Nitre. *Stochastické modely*. 2002. 140 s. Učebné materiály. Dostupné na: <http://frcatel.fri.uniza.sk/users/pesko/OA2/sme2>
17. SKŘIVÁNKOVÁ, Valéria - HANČOVÁ, Martina. *Náhodné procesy a ich aplikácie* [elektronický zdroj]. 2. doplnené vydanie. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2018. online. 105 s. [cit. 2020-04-28]. ISBN 978-80-8152-604-6. Dostupné na: <https://unibook.upjs.sk/img/cms/2018/pf/nahodne-procesy-web.pdf>
18. VALENČÍK, Štefan. *Modelovanie, kvantifikácia a stratégia obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2009, č. 14, s. 204-207. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/14-2009/pdf/204-207.pdf>
19. VALENČÍK, Štefan. *Východiská teórie obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2010, č. 16, s. 77-80. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/16-2010/pdf/77-80.pdf>
20. VALENČÍK, Štefan. *Aktuálne témy z údržby strojov (4)*. In *ATP Journal* [online]. Košice: 2012. č. 9. s. 38-39. ISSN 1336-5010. Dostupné na:

<https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp%20journal%209%202012%20str.%2038-39.pdf>

21. VALENČÍK, Štefan. *Špecifika a princípy udržateľnosti údržby a obnovy strojov*. In *Transfer inovácií* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach Ústav technológií a manažmentu, roč. 2013, č. 28, s. 56-59. ISSN 1337-7094. Dostupné na: <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/28-2013/pdf/056-059.pdf>
22. VALENČÍK, Štefan. *Účinnosť politiky údržby a obnovy strojov*. In: *Řízení a údržba průmyslového podniku* [online]. Košice: Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta. 2014. ISSN 1803-4535. Dostupné na: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/ucinnost-politiky-udrzby-a-obnovy-strojov/>
23. ŽIŽKA, Miroslav. *Teória obnovy I.: Materiály pre výuku* [online]. Liberec: Ekonomická fakulta TU Liberec, 2010, s. 2-3. [cit. 2020-04-29]. Dostupné na: http://multiedu.tul.cz/~miroslav.zizka/multiedu/Teorie_obnovy_1.pdf