

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta informačních technologií



**IMS projekt: Stavebnictví. Průmyslová výroba stavebních
materiálů jako SHO.
Výroba linolea promazaným způsobem**

Autoři:

Bobrov Ivan (xbobro01)

Kozhevnikov Dmitrii (xkozhe00)

Brno

12.12.2021

OBSAH

1	Úvod a motivace	1
1.1	Autoři a zdroje faktů	1
1.2	Ověření validity	1
2	Výroba	2
2.1	Proces výroby	2
2.1.1	Základní suroviny	2
2.1.2	Mixer	2
2.1.3	Stroj pro gruntování	2
2.1.4	Želirovací komora	2
2.1.5	Dvouvalcový kalandr	2
2.1.6	Chlazení	2
2.1.7	Dokončení a kontrola	3
2.1.8	Směny	3
3	Koncepce	4
3.1	Podrobná koncepce výroby	4
3.1.1	Metriky	5
3.2	Koncepce poruch	6
3.3	Petriho síť	6
4	Implementace simulačního modelu	8
4.1	Použití simulačního modelu	8
4.2	Stručný popis implementace	8
5	Popis experimentů	9
5.1	Dokumentace jednotlivých experimentů	9
6	Závěr	12
7	Reference	13

1 ÚVOD A MOTIVACE

V této práci je modelován proces výroby linolea promazaným způsobem. Práce vznikla jako projekt do předmětu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně s tématem „Průmyslová výroba stavebních materiálů jako SHO [3]“.

V práci je řešeno sestavení modelu výroby a jeho následná implementace a simulace s využitím knihovny SIMLIB [2]. Důraz je v modelu kladen na propustnost systému a vytížení jeho jednotlivých částí.

Na základě simulace, bude ověřena účinnost výroby, odolnost proti opotřebení zařízení, ztráty výrobní kapacity podniku. Práce také řeší dopad závad na celkový průběh výroby.

1.1 AUTOŘI A ZDROJE FAKTŮ

Autory práce jsou Bobrov Ivan (xbobro01) a Kozhevnikov Dmitrii (xkozhe00).

Při provádění této práce byla provedena konzultace se stavebními inženýry podniku PZSP [4], který se nachází v Rusku ve městě Perm. Tento podnik právě otevřel novou výrobní dílnu linolea, takže pro výpočty v této práci je použita skutečná výrobní linka a zařízení. Zdroj byl vybrán pro jeho přehledné a podrobné zpracování s dostatkem dat pro vytvoření simulačního modelu.

1.2 OVĚŘENÍ VALIDITY

Náš model je založen především na skutečných datech výše uvedené analýzy procesu. Validita modelu je tedy potvrzena odkazováním se na zjištěná fakta o skutečném modelu, která byla pozorována v simulačním modelu, navíc byly použity poskytnuté schema. Všechny relevantní skutečnosti a možné okolnosti jsou pak simulovány pomocí knihovny SIMLIB pro C++.

V procesu modelování mohou být původní podmínky reálného modelu změněny a optimalizovány, protože některé procesy jsou neoddělitelné a výrobní linka běží bez zastavení. Výsledky těchto experimentů jsou uvedeny v části 5 – popis experimentů a 6 – závěr.

Náš model vychází především z faktických údajů výše uvedené analýzy procesu. Validita modelu je tedy podložena odkazováním se na fakta zjištěná o reálném modelu, které byly v simulačním modelu dodrženy. Všechna podstatná fakta a možné okolnosti jsou poté podrobeny simulaci pomocí knihovny SIMLIB pro C++.

Jak detailně je systém modelován je podrobněji popsáno v části 3 – Koncepce, kde je možno zjistit podrobný postup koncepce jednotlivých částí systému.

2 VÝROBA

2.1 PROCES VÝROBY

Princip technologie výroby linoleum promazným způsobem je založen na mazání speciálně připravené polyvinylchloridové pasty na látkový základ, a pak následnou úpravou plátna ve speciálních komorách. Hustota výsledného linolea je 1100 kg / m³.

2.1.1 Základní suroviny

Hlavní syroviny pro výrobu linolea jsou polivinylchloridné granuly - 34%, plnidlo (mastek) - 45%, plastifikátor - 20%, barvivo - 1% a základ z tkaniny.

Každý typ suroviny prochází před aplikací na látkovou základnu speciální přípravou. Suché komponenty se mísí a zahřívají. Plastifikátory jsou podávány ve speciální merník. Pigment se třepe. A látková základna se čistí a vyhlazuje.

Všechny suroviny jsou uloženy v uzavřeném skladu a jejich kvalita je kontrolována v laboratoři.

2.1.2 Mixer

Mixer se současně míchá směs suchých materiálů, plastifikátor a pigment pro konečnou přípravu základní linoleové pasty.

Při výrobě se používá mixer SM-3. Pro urychlení výroby je použito 2 takových mixérů. Mixer má ocelové pouzdro, které je opatřeno parní vrstvou pro vytápění. Spodní část trupu má podobu dvou polovičních válců s vyčnívající střední částí. Hmotnost je nepřetržitě míchána dvěma lopatkami, které se otáčejí různými rychlostmi. Kromě intenzivního míchání hmoty v různých směrech se stále míchá v mezeře mezi lopatkami a dnem.

Z mixéru pochází hotová směs na transportér, ze kterého se aplikuje na připravenou látkovou základnu.

2.1.3 Stroj pro gruntování

Na tomto stroji se aplikuje speciálně připravená pasta na látkovou základnu.

Tento stroj se skládá ze dvou horizontálně umístěných válečků, na které je gumový kryt napnutý. Nad pouzdem je umístěn racl, ke kterému je připevněn nůž. Racl může být umístěn v různých výškách a otáčet se v libovolném úhlu. Změnou polohy racly lze nastavit tloušťku nanesené vrstvy pasty.

2.1.4 Želírovací komora

Po nanesení pasty, plátno linoleumu vstupuje do želírovací komory, kde pod teplotním vlivem dochází k želírování hmoty a filmu.

Želírování je nejvíce zodpovědný proces výroby linolea promazaným způsobem.

2.1.5 Dvouválcový kalandr

Z želírovací komory vstupuje linoleum do dvouválcového kalandru, kde linoleový film získá konečné utěsnění a kalibruje se na požadovanou tloušťku v mezeře mezi válci. Provozní teplota těchto válců by měla mít limity 140-160°.

2.1.6 Chlazení

Závěrečnou operací výroby promazaného linolea je jeho chlazení po kalandrování. Používá krokové chlazení na šestibarovém chladiči.

2.1.7 Dokončení a kontrola

Po ochlazení linoleum se podává na speciální stůl, kde ořezává hrany, probíhají kontrola kvality, příčné řezání na kusy požadované délky, váhání v rolích a jejich balení do papíru.

2.1.8 Směny

Podle poskytnutých údajů se práce v podniku provádí ve dvou směnách po 12 hodinách, což zajišťuje nepřetržitý provoz výrobní linky. Linka pracuje 240 dnů ročně (5 pracovních dnů a 2 víkendy za týden).

Tento podnik zahájil výrobní linku ne tak dávno, takže všechna zařízení jsou nová. Na základě toho je pravděpodobnost selhání v prvních letech práce minimální. Podnik se navíc na tři týdny uzavře, aby provedl technické vyšetření celé haly a technického vybavení.

3 KONCEPCE

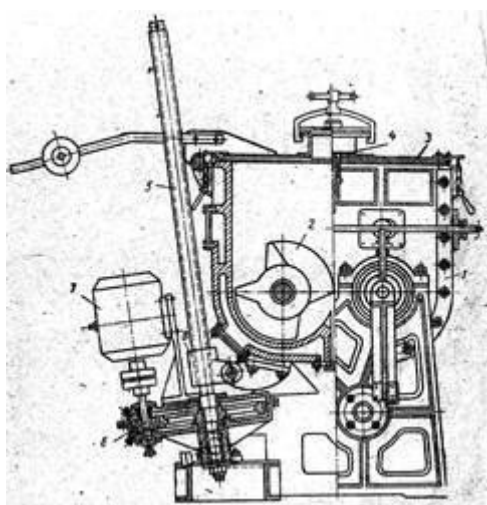
3.1 PODROBNÁ KONCEPCE VÝROBY

Výrobní linka funguje nepřetržitě (24 hodin 240 dní v roce).

Příprava všech surovin probíhá paralelně.

Pro podrobnou koncepci je důležité hlavně znázornění paralelně probíhajících dějů a oddělení výroby od čekání na skladě. Níže je diagram, který postupný průběh detailněji popisuje.

Podnik používá 2 mixéry (*obrazek 1*). V případě neočekávaného zastavení jednoho ze mixerů se kapacita druhého zvyšuje o 2 násobek, což zabraňuje nečinnosti výroby.

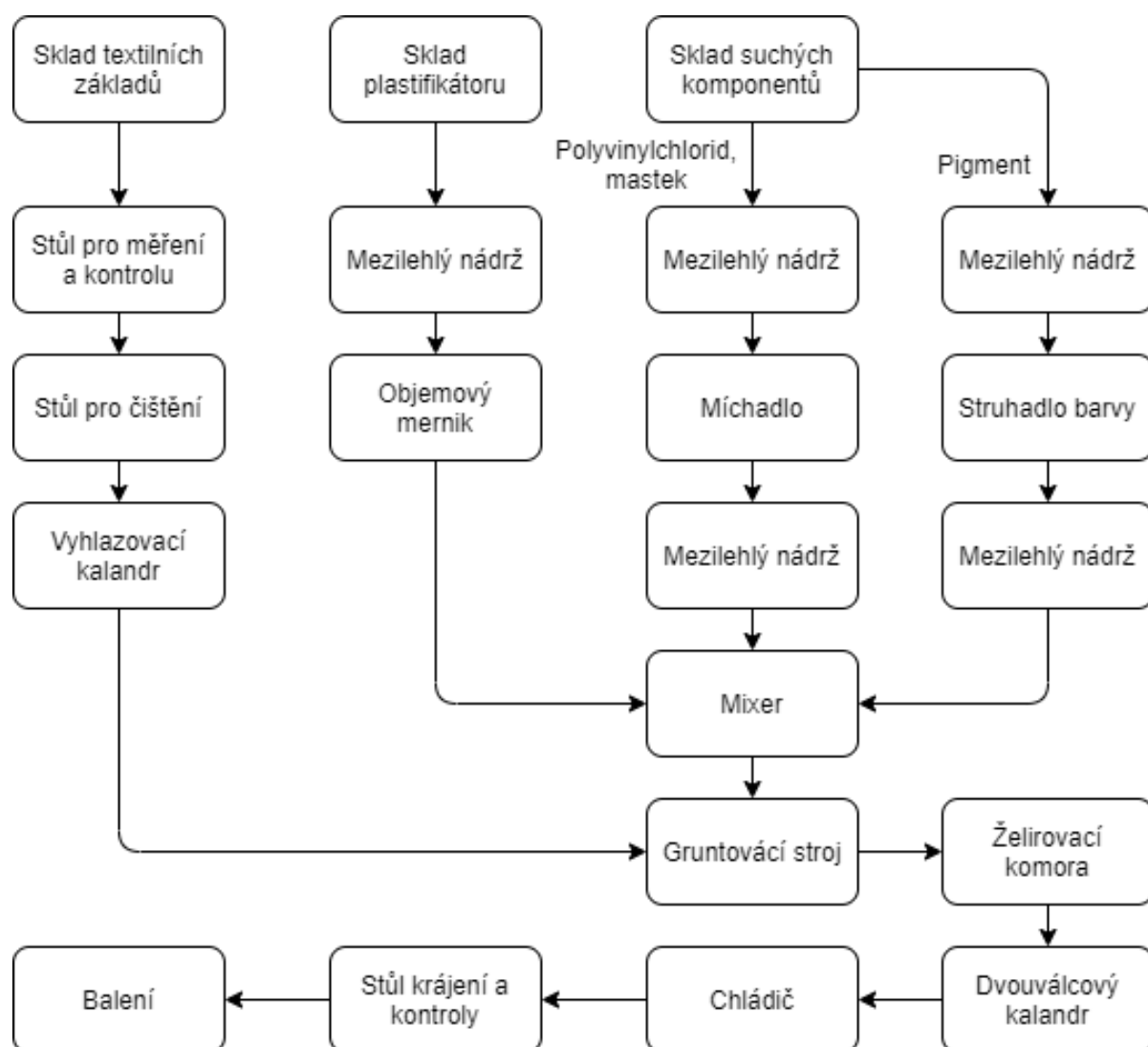


Obrazek 1 – mixer SM-3

V mixéru dochází k míchání složek pasty a poté k aplikaci této pasty na připravenou látku.

Ostatní operace: želírování, chlazení, krájení, balení, dochází postupně.

Podrobný výrobní diagram je znázorněn na *obrázku 2*.



Obrazek 2 – diagram výroby

Finální nízko úroňový popis procesu výroby, od kterého se přistupuje k implementaci modelu je modelován jako Petriho síť. V ní můžeme podrobněji znázornit trvání činností, vstup poruch, závislosti a proveditelnost jednotlivých přechodů ve výrobě.

3.1.1 Metriky

Deklarovaná výrobní kapacita podniku je 2000000 m2 ročně. Tímto způsobem můžeme ověřit na příkladu simulace, jak přesně toto číslo odpovídá realitě.

Důležitá jsou pro nás také data: počet transakcí, které jsou schopné projít celým procesem v daném časovém období vliv poruchy na výrobu.

3.2 KONCEPCE PORUCH

Zařízení v podniku je nové, takže počáteční pravděpodobnost selhání je minimální (0,25%). Opotřebením zařízení se každoročně zvyšuje o 5%.

Pomocí těchto údajů, můžeme získat počet odpracovaných cyklů zařízení a zkontrolovat jeho počet poruch. Také můžeme odhadovat, kolik výrobní kapacity podniku po určité době klesne.

3.3 PETRIHO SÍŤ

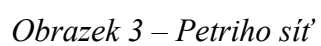
Petriho síť [3] (obrazek 3) podrobně znázorňuje koncepci procesu výroby na co nejnižší úrovni. Měla by z ní být jasná posloupnost procesů, jejich časová návaznost, cesta transakce celým procesem výroby i vstup poruch.

Vzhledem k tomu, že linka běží bez přerušení, je doba provozu uvedena podmíněně. Pokud míchání materiálu trvá iterativně, pak se želirování vyskytuje na horkých bubnech bez zastavení.

Vytížení linky je tedy předpokládáno na 100%.

Take na Petriho síti neukazana porucha. Vzhledem k novému vybavení je pravděpodobnost poruchy 0.25% a každým rokem se zvyšuje o 5%. Můžeme změnit toto číslo na vstupu (více informace v kapitole 4.1).

Podrobnosti poruchy jsou uvedeny v odstavci 3.2.



4 IMPLEMENTACE SIMULAČNÍHO MODELU

Simulační model je implementován v jazyce C++ s využitím knihovny SIMLIB [2]. Odvíjí se především od výše přiložené koncepce v podobě Petriho sítě, která je do programu poměrně jednoduše převeditelná.

4.1 POUŽITÍ SIMULAČNÍHO MODELU

Pro základní data jsou výchozí hodnoty. Na vstup programu je možné dat argumenty:

- -help : nápověda - možnost vytisknout tohle užítí programem
- -f : vypnutí vlivu poruch na výrobu – bezporuchový běh
- -y [let] : délka běhu simulace
- -gc [procent] : přibývající procent poruchy Želírovací komory
- -pc [procent] : přibývající procent poruchy gruntovacího stroje
- -dc [procent] : přibývající procent poruchy malého mixéru
- -m1c [procent] : přibývající procent poruchy mixéru 1
- -m2c [procent] : přibývající procent poruchy mixéru 2

Každý parametr je povinný a má tedy své výchozí hodnoty. Výchozí hodnoty pro jednotlivé parametry jsou:

- -y : 1 rok
- -f : vypnuto
- ostatní : 5%

Příklad spuštění s použitím makefile (nezáleží na pořadí argumentů):

```
make run f=<value> y=<value> cf=<value> gf=<value> pf=<value> gf=<value>  
pf=<value> df=<value> m1f=<value> m2f=<value>
```

Příklad spuštění bez použití makefile (záleží na pořadí argumentů):

```
./ims -f <value> -y <value> -cf <value> -gf <value> -pf <value> -gf <value> -pf  
<value> -df <value> -m1f <value> -m2f <value>
```

4.2 STRUČNÝ POPIS IMPLEMENTACE

Implementace modelu se opírá o Petriho síť.

Procesy jsou samostatné transakce. Na startu paralelně běží procesy zpracování surovin. Každý proces zpracování probíhá důsledně a nezávisle. Ve fázi gruntování se tyto procesy spojují a práce pokračuje postupně.

Během operace může dojít k poruše. Poruchy se vyskytují v hlavním technickém zařízení, jsou vyloučeny poruchy dopravního pásu. Při selhání jednoho mixéru se zvyšuje výkon druhého. Při jakémkoli jiném selhání se výrobní linka zastaví.

5 POPIS EXPERIMENTŮ

Jedním z hlavních cílů provedených experimentů bylo zjistit, jak se systém chová, a také zjistit deklarovanou výrobní kapacitu podniku.

Zjistit, jak poškození zařízení ovlivňuje výrobní kapacitu.

Zjistit závislost výrobní schopnosti podniku na opotřebení zařízení.

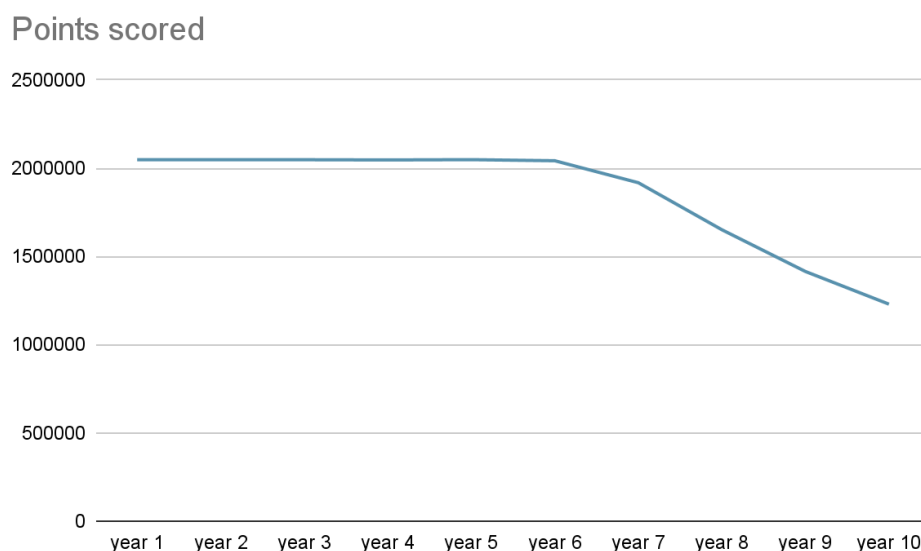
Posoudit frekvenci poškození každého zařízení odhalit slabá místa ve výrobní lince.

5.1 DOKUMENTACE JEDNOTLIVÝCH EXPERIMENTŮ

Experimenty byly prováděny změnou vstupních parametrů systému. Doba běhu systému byla u všech experimentů nastavena na 10 let.

5.1.1 Vliv opotřebení technických zařízení na výrobu

Experimenty byly prováděny změnou vstupních parametrů systému. Doba běhu systému byla u všech experimentů nastavena na 10 let.



Graf 1 - Změna výroby za 10 let

Na grafu 1 můžete vidět, jak se mění výrobní kapacita podniku v závislosti na opotřebení technických zařízení. Podle harmonogramu je vidět, že v prvních letech stav zařízení neovlivňuje výrobu. Po 6 letech však došlo k výraznému poklesu výroby, což umožňuje dospět k závěru, že zařízení potřebuje údržbu a kontrolu.

5.1.2 Vliv opotřebení technických zařízení na výrobu

Druhým experimentem bylo testování, které zařízení se nejčastěji má poruchu, což by nám umožnilo najít slabé místo ve výrobní lince.

V tabulce 1 a tabulce 2 je vidět, jak ovlivňuje každé zařízení výrobní proces, stejně jako četnost jeho poškození. Pro každé zařízení je možné nastavit proces opotřebení (více v části 4.1), který umožňuje přesnější výběr zařízení a také posoudit jeho dopad na výrobu.

Facility	number of operations	number of failures	failure percent
Geller	44573	9327	17.3043%
Padding machine	49370	11295	18.6186%
DryMixer	49370	11353	18.6964%
Mixer 1	49370	11224	18.5233%
Mixer 2	49368	11249	18.5575%

Tabulka 1 - poruchy při zvýšení opotřebení o 5% ročně

Facility	number of operations	number of failures	failure percent
Geller	49257	6792	12.118%
Padding machine	49370	6848	12.1812%
DryMixer	49370	6749	12.0262%
Mixer 1	49370	6901	12.2639%
Mixer 2	49370	6892	12.2498%

Tabulka 2 - poruchy při zvýšení opotřebení o 3% ročně

5.1.3 Výpočet surovin pro výrobu

Následující experiment umožňuje odhadnout, kolik materiálu je zapotřebí k výrobě v určitém časovém období. Podle výsledků této simulace může výrobce odhadnout ekonomické náklady na suroviny a také naplánovat logistiku.

Výpočet materiálů se provádí podle složení linolea popsaného v odstavci 2.1.1.

V tabulce 3 můžete vidět množství potřebných surovin každého druhu, které jsou nezbytné pro roční výrobu.

Suroviny	Výdaje za rok
Polyvinylchlorid	306447 [kg]
Plastifikátor	1802630 [kg]
Mastek	4055911 [kg]
Pigment	90131,4 [kg]
Textilní základ	512110 [m]

Tabulka 3 - Náklady na suroviny za rok

```
for 2048440 m2 of our factory output were processed:  
>>Polyvinyl chloride: 3.06447e+06 kg  
>>Talc: 4.05591e+06 kg  
>>Plasticizer: 1.80263e+06 kg  
>>Barvivo: 90131.4 kg  
>>Textile: 512110 m
```

Obrazek 4 - Náklady na suroviny za rok vypis z simulace

6 ZÁVĚR

Výsledkem tohoto projektu je diskrétní model výrobního procesu linolea, který byl vytvořen na základě reálných dat z výrobního provozu firmy PZSP. Model umožňuje lepší pochopení fungování výroby a vzájemné závislosti výrobních procesů.

Na základě znalostí získaných v experimentech s vytvořeným modelem jsme byli schopni provést zhodnocení vlivu opotřebení zařízení na výrobní kapacity podniku, a také zhodnotit vliv konkrétních technologických zařízení na celou linku, což nám umožňuje identifikovat slabá místa. Tyto ukazatele patří počet dokončených transakcí, četnost poruch jednotlivých zařízení, změny v objemu výroby ve srovnání s prvním rokem práce. Také můžeme odhadnout přibližné množství materiálů, které jsou nezbytné pro provoz výroby po určitou dobu.

Všechny tyto údaje umožňují výrobcí posoudit efektivitu výroby a naplánovat výrobní náklady.

7 REFERENCE

- [1] VŠE: Analýza výrobního procesu vybraného produktu, Michal Šlemr, BP, [online], 2013,
[vid. 2020-11-21]. Dostupné z:
https://vskp.vse.cz/35210_analyza_vyrobniho_procesu_vybraneho_produkту
- [2] SIMLIB: dokumentace knihovny SIMLIB/C++. Dostupné z:
<https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [3] IMS: Peringer Petr a Hrubý Martin – Prezentace k předmětu IMS – str. 119 – 207, 2021
- [4] PZSP: stránky firmy PZSP
Dostupné z:
<https://pzsp.ru/about/>
- [5] Vorobjov V.A. - Technologie stavebních materiálů a výrobků na bázi plastů. Učebnice pro vysoké školy.
- [6] http://www.polymery.ru/production.php?cat_id=139&cat_parent=137&level=3