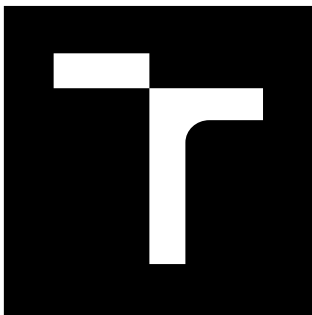




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH OBROBNY V MALÉM STROJÍRENSKÉM
PODNIKU**

PROPOSAL MECHANICAL WORKSHOP IN A SMALL ENGINEERING COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Smrkal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	David Smrkal
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Marek Štroner, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh obrobny v malém strojírenském podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě dané součásti řešit problematiku návrhu projekčního řešení obrobny. S ohledem na malou výrobní plochu optimalizovat rozmístění strojů pro co nejvyšší její využití. V závěru provést zhodnocení možné úspory.

Cíle bakalářské práce:

1. Návrh součásti.
2. Kapacitní propočet.
3. Variantní řešení dispozice.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam literatury:

Hlavenka, B. (2005): Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno, Akademické nakladatelství CERM.

Hlavenka, B. (1990): Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 1. vyd. Brno, VUT-FSI.

Rumíšek, P. (1991): Technologické projekty. 1.vyd. Brno, VUT-FSI.

Samek, J. (1989): Modely optimálního rozmístění výroby. 1.vyd. Praha, SNTL.

Zelenka, A. (2007): Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha, ČVUT.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

SMRKAL David: Návrh obrobny v malém strojírenském podniku.

Bakalářská práce se zabývá návrhem obrobny v malém strojírenském podniku. Dispozice je navržena pro součást ozubené kolo. Za rok se musí vyrobit 150 000 ks. Obrobna má sloužit pro sériovou výrobu ozubených kol, kde navrhované kolo má být nejsložitější výrobek. Na základě literární studie problematiky uspořádání pracovišť a zásad problematiky projektování obrobny byla navržena hala, která je situována v předmětném uspořádání. Stroje jsou uspořádány podle technologického postupu. Šířka haly byla zvolena typizovanou hodnotou 18 m. Pomocí kapacitních propočtů byly určeny počty strojů, dělníků a ploch v obrobně.

Klíčová slova: ozubené kolo, obrobna, projektování, kapacitní propočty, předmětné uspořádání

ABSTRACT

SMRKAL David: Proposal mechanical workshop in a small engineering company

Bachelor thesis deals with proposal mechanical workshop in a small engineering company. A disposition is proposed for component the gear. It must produce 150 000 pieces per year. The mechanical workshop is intended for serial production of gears, where design gear is supposed to be the most complicated product. On the basis of the literary study a problem of arrangement of workplaces and principle issues of designing mechanical workshop was designed a hall, which was situated in a subject arrangement. Machines are placed according to technological process. The width of hall was chosen a standardized value 18 m. By means of the capacity calculations were determined numbers of machines, workers and the place of the mechanical workshop.

Keywords: gear, mechanical workshop, designing, capacity calculations, subject arrangement

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SMRKAL, David. *Návrh obrobny v malém strojírenském podniku*. Brno, 2016. 30s, 3 výkresy, 4 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 27.5.2016

.....
Smrkal David

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za cenné připomínky, trpělivost a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
ÚVOD	10
1 ROZBOR ZADÁNÍ	11
1.1 Variantní řešení uspořádání strojů	11
2 PŘEDMĚTNÉ USPOŘÁDÁNÍ	14
2.1 Zásady při projektování obrobny	14
2.2 Zásady při rozmisťování strojů	14
3 NÁVRH ŘEŠENÍ	15
3.1 Návrh součástí	15
3.1.1 Výpočet hrubé hmotnosti polotovaru	15
3.1.2 Výpočet čisté hmotnosti navrhované součásti	15
3.1.3 Technologické postup	16
3.2 Kapacitní propočty modelované obrobny	17
3.2.1 Výpočet časových fondů	17
3.2.2 Výpočet počtu, využití strojů a jejich skupin	17
3.2.3 Výpočet počtu dělníků	21
3.2.4 Výpočet potřebné plochy útvarů	24
3.3 Variantní řešení dispozice	28
4 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	29
5 ZÁVĚR	30

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD [1], [3], [6], [7]

Strojírenská technologie je velmi rozsáhlý obor, který má plno odvětví (např. slévárenství, svařování, tváření, obrábění, projektování atd.). Všechna odvětví jsou velice důležitá a úzce na sebe vzájemně navazují. V dnešní době, kdy se stále rozvíjí výrobní program, inovují se výrobky, zkracují se výrobní časy a je snaha o co nejmenší náklady na výrobu, se jeví jako velice důležité projektování.

Technologické projektování je obor, ve kterém se používají teoretické poznatky z matematiky, logiky, fyziky, technologie atd. Neustálý rozvoj, zvyšující se objemy výroby, zrychlující se tempo práce, zvyšující se produktivita a technická úroveň, mají velký vliv na inovaci projektování základny strojírenského podniku. Cílem každého technologického projektanta je splnit maximální ekonomický efekt výroby, jak z hlediska podnikového tak národohospodářského.

Strojní inženýři ve funkci technologických projektantů se nejvíce zajímají o tzv. technologický projekt, který řeší jako hlavní oblast realizaci a podmínky vlastní výroby. Na dalších stránkách se bude práce zabývat návrhem obrobny pro malý strojírenský podnik. Jako příklad obroben v praxi slouží obrázek č. 1.



Obr. 1 Příklady obroben v praxi[6],[7]

1 ROZBOR ZADÁNÍ [1], [2], [3]

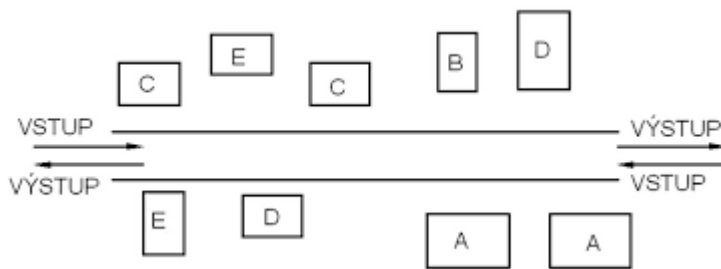
Zadání práce se skládá z technologického postupu a zadaného výrobku, pro kterou má být navržena dispozice obrobny. Obrobek je z materiálu 12 060.1. Počet kusů, které mají být vyrobeny, je 150 000 za rok. Jedná se o sériovou výrobu. Prvním krokem je provedení rešerše, zjištění výhod a nevýhod jednotlivých typů uspořádání strojů. Na základě tohoto zjištění se rozhodne o výběru uspořádání. Poté budou následovat základní zásady při projektování obrobny. Po dokončení těchto teoretických věcí bude proveden samotný návrh řešení. První bude nakreslena zadaná součást. Po jejím navržení je možno vypočítat její hrubou a čistou hmotnost. Následovat bude technologický postup, od kterého se odvíjí rozsáhlé kapacitní propočty. Díky těmto propočtům budou stanoveny počty dělníků, strojů a potřebných ploch pro útvary. Jako poslední praktická část bude návrh dispozice s velikostí šířky lodí 12 a 18 m. Poté bude následovat technicko - ekonomické zhodnocení těchto dvou obrobů. Poslední část bude obsahovat závěry.

1.1 Variantní řešení uspořádání strojů[1], [3]

Při dispozičním řešení jednotlivých pracovišť se vychází z hlavní podmínky, aby bylo dosaženo optimálního rozmístění strojů vzhledem k přehlednosti, přímočarosti a nevratnosti technologického toku, hospodárnosti výroby, minimální manipulace, minimálního zabraného prostoru, požadavků na bezpečnost práce atd. V této době se rozlišují základní typy uspořádání strojů a pracovišť: volné, technologické, modulární, buňkové, kombinované a předmětné.

- **Volné uspořádání**

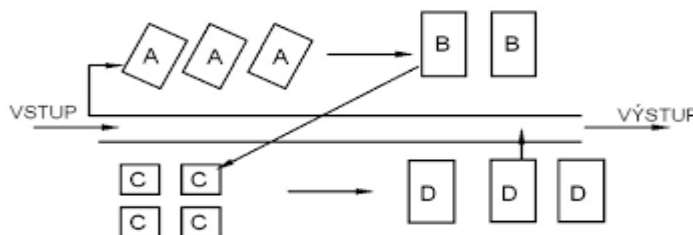
Uspořádání strojů a pracovišť je voleno náhodně. Toto uspořádání se volí v případě, že nelze zcela přesně určit materiálový tok, návaznost operací nebo organizační a řídicí vztahy. Volí se nejčastěji v prototypových a údržbářských dílnách, které jsou zaměřeny na kusovou výrobu. I když je název volné uspořádání, tak i u něho se musí dodržovat určitá výrobní kritéria. Např. nelze postavit buchar k dokončovací frézce, protože by došlo k zásadnímu ovlivnění přesnosti apod. Použití tohoto uspořádání je z dnešního hlediska velmi nevyhovující a používá se opravdu výjimečně.



Obr. 2 Volné uspořádání pracovišť[3]

- **Technologické uspořádání**

Pro toto uspořádání jsou v technologických postupech slučovány operace podle technologické příbuznosti a za stejného hlediska jsou tak stavěny i stroje. Např. všechny operace, které se týkají svařování, se provádí ve svařovně, kování v kovárně, obráběcí operace v obrobně atd. Zaměříme-li se přímo na obrobnu, pak máme rozmístěny v jedné skupině brusky, hoblovky, soustruhy, frézky atd. Dá se říci, že se tvoří skupiny stejných druhů strojů. Vyráběný sortiment je zcela rozdílný, tudíž zde není možno určit směr materiálového toku. Každý výrobek bude postupovat odlišným



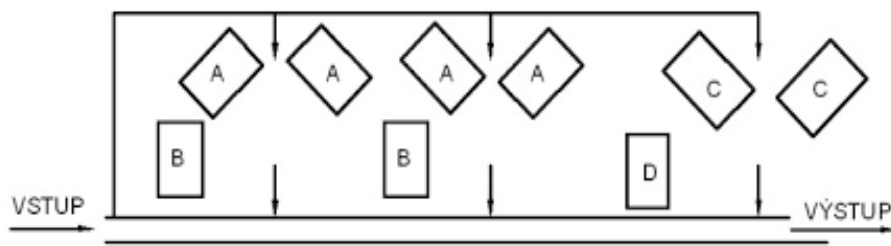
Obr. 3 Technologické uspořádání pracovišť[3]

směrem. Nejčastěji se s tímto uspořádáním setkáváme v prototypových, údržbářských a učňovských dílnách, kde se jedná o kusovou nebo malosériovou výrobu.

- Výhody:**
- stroje a zařízení mají lepší využití
 - při změně výrobního programu výrobku není narušena výroba
 - porucha stroje nenaruší výrobu
 - snadná údržba
 - jednoduché zavedení vícestrojové obsluhy
 - menší spotřeba nástrojového vybavení (jedno přídavné zařízení může sloužit více strojům, např. otočný stůl, upínací přípravky atd.)
- Nevýhody:**
- zdoluhavý, komplikovaný tok materiálu
 - vysoké nároky na výrobní plochu (např. uličky pro přísun materiálu ke stroji)
 - příliš dlouhá průběžná doba
 - nákladná doprava

• Modulární uspořádání

Modulární uspořádání je jedním z nejnovějších typů, který se rozšířil díky vzniku nové moderní NC techniky. Charakteristické pro toto uspořádání je seskupování stejných technologických bloků, v nichž každý plní více technologických funkcí. Celý provoz je složen ze stejných nebo podobných modulů – skupin pracovišť. Typickým příkladem je skupinové nasazení NC strojů v klasicky řízené dílně nebo soustředění obráběcích center. Modulární uspořádání má v dílnách nejlepší postavení z důvodu vyšší produktivity práce. Tyto typy pracovišť je nutno využít v dvou či třisměnném provozu. S ohledem na produktivitu je potřeba přeorganizovat i navazující pracoviště. Modulární uspořádání se používají zejména v kusové a malosériové výrobě a v modulech, kde jsou používány progresivní stroje a nářadí. Tudiž i kvalifikace dělníků musí být vyšší.



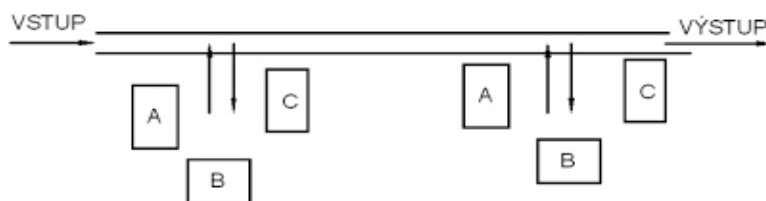
Obr. 4 Modulární uspořádání pracovišť[3]

- Výhody:**
- zvýšená produktivita práce
 - zlepšená organizace práce a řízení výroby
 - rychlejší operační i mezioperační časy
 - kratší manipulační dráhy
 - kratší průběžná doba výroby

- Nevýhody:**
- vysoké nároky na technickou přípravu výroby
 - progresivní stroje a zařízení jsou velmi drahé

• Buňkové uspořádání

Tento typ je něco jako modifikace modulárního uspořádání. Tzv. buňku tvoří jeden vysoce produktivní stroj s automatizovaným nebo mechanizovaným okolím (robot, zásobníky, zařízení na



Obr. 5 Buňkové uspořádání pracovišť[3]

polohování a obracení polotovarů, atd.). Příkladem buňkové uspořádání jsou automatizované výrobní systémy (AVS). V AVS se nejčastěji využívá více výrobních zařízení. K dokonalosti je dovedena operační i mezioperační manipulace a jejich vlastní řídicí systém. Projektování buňkového uspořádání je velice náročné. Využití je stejné jako u modulárního uspořádání. Pracoviště v tomto systému by měly pracovat v třísměnném provozu.

Výhody:

- zvýšená produktivita práce
- automatizovaná i minimalizovaná manipulace s materiálem
- snížení zmetkovitosti přesným dodržováním technologické kázně

Nevýhody:

- stejné jako u modulárního uspořádání

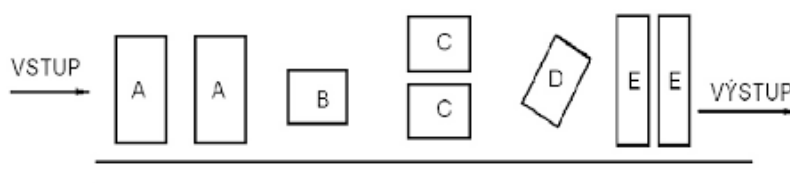
• Kombinované uspořádání

Při projektování větších výrobních celků je často projektant nucen použít více než jedno uspořádání pracovišť. Nejčastější kombinace v praxi bývá technologické a předmětné uspořádání. Kombinované uspořádání se snaží hlavně o využití výhod obou typů a o eliminaci jejich nevýhod.

• Předmětné uspořádání

Tento typ uspořádání je vhodný zejména pro velkosériovou výrobu nebo pro opakované malosériové výroby.

Typickým znakem je seřazení strojů nebo pracovišť podle operací uvedených v technologickém postupu. Pohyb součástí má pouze jeden stejný směr, tímto vzniká tzv. výrobní linka.



Obr. 6 Předmětné uspořádání pracovišť[3]

Výhody:

- kratší manipulační dráhy
- malá rozpracovanost
- zkrácení průběžné doby výroby
- snížení nákladů na manipulaci
- zmenšená výrobní plocha, úspora investic
- zrušení meziskladu, snížení nákladů na skladování

Nevýhody:

- změna výrobního programu vyvolá změny ve strojním zařízení i uspořádání strojů
- snížením objemu výroby poklesne využití
- předmětné uspořádání vyžaduje konstrukci speciálních jednoúčelových strojů, jejichž náklady na výrobu a údržbu jsou náročné a drahé

Pro naši navrhovanou součást bude zvoleno předmětné uspořádání, které je z hlediska výhod, nevýhod a použití nejlepší variantou.

2 PŘEDMĚTNÉ USPOŘÁDÁNÍ [1], [3], [5]

Jako jeden z hlavních důvodů, proč bylo vybráno toto uspořádání, je úspora výrobní plochy. Hlavní výhodou je to, že tato navrhovaná obrobna bude sloužit k sériové výrobě různých typů ozubených kol. Naše navrhovaná součást by měla být nejsložitějším výrobkem, který bude v obrobně vyráběn, pokud nebudou zavedeny nějaké inovace. Návrh bude proveden klasickým předmětným uspořádáním, tudíž se bude postupovat podle technologického postupu. Při tomto typu se musí samozřejmě také dodržovat obecné zásady při projektování obrobny a zásady při rozmisťování strojů.

2.1 Zásady při projektování obrobny [1]

Projekt obráběcího pracoviště by měl zabezpečovat:

- jednoduchou obsluhu
- jednoduché a bezpečné uložení dostatečného množství obrobků
- uspořádané uložení přípravků a nářadí
- uspokojivou přesnost výroby
- produktivitu práce
- nenáročné odstraňování třísek
- způsobilé klimatické a estetické prostředí
- vhodný přístup k opravovaným agregátům
- bezpečnou práci

2.1 Zásady při rozmisťování strojů [1], [5]

Problematika rozmisťování strojů je velice složitá záležitost. Každý jednotlivý stroj musí být umístěn, tak aby splňoval podmínky výše uvedené a podmínky odpovídající typu stroje např. pro soustružení (velké soustruhy by se měly stavět na izolované základy kvůli otřesům, při základních hrubovacích operacích řešit odstranění třísek atd.). Pak je tu další věc, jak rozmístit stroje vedle sebe, nad sebe nebo pootočené o 45 ° (hodně využívané u soustruhů). Musí se dodržet vzdálenosti mezi stroji, které jsou dány typem strojů a vedle čeho jsou postaveny např. sloup nebo jiný stroj. V návrhu dispozice jsou využity vzdálenosti mezi jednotlivými stroji a zařízeními. Stroje umístěné za sebou mají mezeru 0,9 m, bočními stěnami k sobě mají 0,5 m, zadními stěnami k sobě 0,5 m a čelem k sobě – jednostrojová obsluha 1,3 m. Vzdálenosti od stěn jsou u všech strojů stejné 0,5 m.

3 NÁVRH ŘEŠENÍ [1], [3]

Návrh řešení spočívá nejdříve v navržení samostatné součásti spolu s technologickým postupem, od kterého se budou odvíjet kapacitní propočty. Pomocí kapacitních propočtů zjistíme počet potřebných strojů, počet dělníků a plochu obrobny potřebnou k zhotovení zadané součásti. Následovat bude samotný návrh dispozice (uspořádání strojů).

3.1 Návrh součásti

Návrh součásti spočívá v nakreslení požadované součásti ve 3D, pomocí programu Autodesk Inventor 2013 viz obr. č. 7 a ve zhotovení výkresu Ozubeného kola viz výkres č. 1. Dále pomocí výkresu a norem budou zhotoveny výpočty hrubé hmotnosti polotovaru a čisté hmotnosti součásti.



Obr. 7 Ozubené kolo

3.1.1 Výpočet hrubé hmotnosti polotovaru [1], [3]

Výpočet hrubé hmotnosti polotovaru se stanoví na základě rozměrů polotovaru, použitým materiálu a vzorečku pro výpočet objemu válce.

Rozměr polotovaru: Tyč Ø 85 – 64 [mm] ČSN EN 10060

Materiál polotovaru: ocel 12 060.1

Objem válce se vypočte pomocí vzorce:

$$V_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,085^2}{4} \cdot 0,064 = 0,0003631680 \text{ m}^3, \quad (3.1)$$

kde: D – průměr válce [m]

h – výška válce [m]

Hrubá hmotnost:

$$m_p = V_p \cdot \rho_{oceli} = 0,0003631680 \cdot 7860 = 2,85450048 \text{ kg}, \quad (3.2)$$

kde: ρ_{oceli} – hustota oceli [kg/m^3]

$$m_p \cong 2,86 \text{ kg}$$

Hrubá hmotnost polotovaru je při zaokrouhlování 2,86 kg.

3.1.2 Výpočet čisté hmotnosti modelované součásti

Výpočet čisté hmotnosti navrhované součásti bude proveden rozdělením ozubeného kola na devět válců, pomocí kterých dojdeme k výsledné hmotnosti. Rozměry D a h jsou použity ze zdroje výkres Ozubeného kola.

Objem prvního válce se vypočítá podle vztahu (3.1)

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,039^2}{4} \cdot 0,010 = 0,0000119459 \text{ m}^3$$

Objem druhého válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,057^2}{4} \cdot 0,010 = 0,0000255176 \text{ m}^3$$

Objem třetího válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,072^2}{4} \cdot 0,010 = 0,0000407150 \text{ m}^3$$

Objem čtvrtého válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_4 = \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,042^2}{4} \cdot 0,008 = 0,0000110835 \text{ m}^3$$

Objem pátého válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_5 = \frac{\pi \cdot D_5^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4} \cdot 0,005 = 0,0000035343 \text{ m}^3$$

Objem šestého válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D_6^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,031^2}{4} \cdot 0,003 = 0,0000022643 \text{ m}^3$$

Objem sedmého válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_7 = \frac{\pi \cdot D_7^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,060^2}{4} \cdot 0,008 = 0,0000226195 \text{ m}^3$$

Objem osmého válce se vypočítá podle vztahu (3.1) :

$$V_8 = \frac{\pi \cdot D_8^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,043^2}{4} \cdot 0,006 = 0,0000087132 \text{ m}^3$$

Objem devátého válce se vypočítá podle vztahu (3.1):

$$V_9 = \frac{\pi \cdot D_9^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 0,018^2}{4} \cdot 0,060 = 0,0000152681 \text{ m}^3$$

Celkový objem součásti:

$$V_C = V_{1-8} - V_9 = 0,0001263933 - 0,0000152681 = 0,0001111252 \text{ m}^3,$$

kde: V_{1-8} – součet objemů jedna až osm [m^3]

Čistá hmotnost součásti se vypočítá podle vztahu (3.2):

$$m_{\check{c}} = V_C \cdot \rho_{oceli} = 0,0001111252 \cdot 7860 = 0,87344407 \text{ kg}$$

$$m_{\check{c}} \cong 0,87 \text{ kg}$$

Čistá hmotnost modelované součásti je při zaokrouhlení 0,87 kg.

3.1.3 Technologický postup

Celý technologický postup je popsán v příloze č. 1. Nejdůležitější části technologického postupu jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Nejdůležitější části technologického postupu.

Číslo operace	Název stroje	Typ stroje	Popis práce
6	Soustruh hrotový	SU 35 / 1500	Soustružit na čisto Ø 18 H7
7	Frézka na ozubená kola	RS 10	Odvalovat ozubení Ø 72 mm
8	Obrážka na ozubená kola	SV 00	Obrážet ozubení Ø 39 mm
9	Obrážka na ozubená kola	SV 00	Obrážet ozubení Ø 57 mm
12	Protahovačka svislá	RW1 5 x 1120	Protáhnout 3 drážky 6 H7
16	Soustruh hrotový	SU 35 / 1500	Kalibrovat otvor Ø 18 H7
18	Bruska hrotovací univerzální	BUA 16	Brousit drážku 8 H11

3.2 Kapacitní propočty [1], [3]

Před provedením návrhu samotné dispozice, musí být provedeny kapacitní propočty, které navazují na ostatní činnosti. Kapacitními propočty si stanovíme teoretickou potřebu strojů a zařízení, počet výrobních a pomocných dělníků atd. Mezi plánovaným výrobním programem a výrobním profilem navrhovaného objektu řeší vztah kapacitní propočty.

3.2.1 Časové fondy [1], [3]

Pro určení potřebného množství pracovišť, strojů, zařízení a dělníků potřebujeme znát jejich časové možnosti, kolik hodin mohou v roce pracovat. Základem výpočtů je kalendářní rok a počet pracovních dní.

- Časový fond roční

Časový fond roční je celkový roční počet pracovních hodin ve směně. Počítáme s tím, že pracovník, stroj bude pracovat 8 hodin denně a 5 dní v týdnu. Ve vzorečku jsou odečteny soboty a neděle.

$$E_r = (365 - 52 - 52) \cdot \frac{40}{5} = 2088 \text{ hod/rok} \quad (3.3)$$

kde: E_r – časový roční fond [hod/rok]

- Časový fond stroje

Časový fond stroje je na závislý na údržbě stroje a jeho opravě. Podle pozorování bylo zjištěno, že z celkového počtu pracovních dní bývá stroj 12 dní odstaven z důvodu plánované opravy a údržby a 3 dny z důvodu poruchy, v součtu to je asi 6 % z celkového počtu pracovních dní. (U složitých strojů to je 10 – 12 %).

$$E_s = E_r - (0,1 + 0,12) \cdot E_r = 2088 - (0,22) \cdot 2088 = 1858 \text{ hod/rok} \quad (3.4)$$

kde: E_s – časový fond stroje [hod/rok]

- Časový fond dělníka

Při výpočtu časového fondu dělníka musíme počítat se snížením fondu o průměrnou délku dovolené a o tzv. neplánovanou absenci (nemoc, atd.).

$$E_d = E_r - (15 + 15) \cdot \frac{40}{5} = 2088 - (30) \cdot 8 = 1848 \text{ hod/rok} \quad (3.5)$$

kde: E_d – časový fond dělníka [hod/rok]

3.2.2 Výpočet počtu, využití strojů a jejich skupin [1], [3]

- Výpočet počtu strojů

Při výpočtu strojů v obrobnách bereme jako základ dvousměnný provoz. Vlivem opakování činnosti dosáhne dělník určité zručnosti a dovednosti, která se projeví překročením dané normy. V dnešní době se v obrobnách koeficient překračování norem pohybuje v rozmezí 1,1 až 1,3. Tudíž je pro výpočty zvolena střední hodnota 1,2. Teoretický výpočet počtu strojů nebývá celé číslo. Při volbě skutečného množství se zaokrouhluje většinou nahoru, ale v případě výsledku např. 1,08 musí být zváženo, jestli se vyplatí zvýšit počet strojů nebo snížit potřebný kusový čas obrábění pomocným zařízením, nebo část práce přesunout na jiný stroj. Počet vyráběných kusů pro naši danou výrobu je 150 000.

Vzorec pro teoretický výpočet počtu strojů:

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad [ks] \quad (3.6)$$

kde: t_k – kusový čas pro danou operaci [min]

N – počet vyráběných kusů [ks]

E_s – efektivní fond stroje v jedné směně [hod/rok]

s_s – směnnost strojních pracovišť [-]

k_{pns} – koeficient překračování norem [-]

Teoretický a skutečný výpočet, pila kružní č. op. 1 podle vzorce (3.6):

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,7 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,95 \quad P_{sk1} = 1$$

Teoretický a skutečný výpočet, soustruh hrotový č. op. 2 podle vzorce (3.6):

$$P_{th2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{8,6 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 4,82 \quad P_{sk2} = 5$$

Teoretický a skutečný výpočet, soustruh poloautomat č. op. 3 podle vzorce (3.6):

$$P_{th3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{7,0 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 3,92 \quad P_{sk3} = 4$$

Teoretický a skutečný výpočet, soustruh hrotový č. op. 6 podle vzorce (3.6):

$$P_{th6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,8 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 1,01 \quad P_{sk6} = 1$$

Teoretický a skutečný výpočet, frézka na oz. kola č. op. 7 podle vzorce (3.6):

$$P_{th7} = \frac{t_{k7} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{2,0 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 1,12 \quad P_{sk7} = 1$$

Teoretický a skutečný výpočet, obrážka na oz. kola č. op. 8 podle vzorce (3.6):

$$P_{th8} = \frac{t_{k8} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{6,6 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 3,7 \quad P_{sk8} = 4$$

Teoretický a skutečný výpočet, obrážka na oz. kola č. op. 9 podle vzorce (3.6):

$$P_{th9} = \frac{t_{k9} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{6,5 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 3,64 \quad P_{sk9} = 4$$

Teoretický a skutečný výpočet, protahovačka svislá. č. op. 12 podle vzorce (3.6):

$$P_{th12} = \frac{t_{k12} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{2,8 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 1,57 \quad P_{sk12} = 2$$

Teoretický a skutečný výpočet, soustruh hrotový č. op. 16 podle vzorce (3.6):

$$P_{th16} = \frac{t_{k16} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,5 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,84 \quad P_{sk16} = 1$$

Teoretický a skutečný výpočet, bruska na ozubení č. op. 17 podle vzorce (3.6):

$$P_{th17} = \frac{t_{k17} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,9 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 1,065 \quad P_{sk17} = 1$$

Teoretický a skutečný výpočet, bruska hrot. univ. č. op. 17 podle vzorce (3.6):

$$P_{th18} = \frac{t_{k18} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,5 \cdot 150000}{60 \cdot 1858 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,84 \quad P_{sk18} = 1$$

Při sečtení všech strojů vyšel celkový počet 25 strojů. Zaokrouhlování počtu strojů bylo určeno vzhledem k následnému využití stroje.

- Využití stroje na operaci:

$$\eta_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.7)$$

kde: P_{th} – teoreticky vypočtený počet strojů [ks]

P_{sk} – skutečný počet strojů (zvolený) [ks]

Využití stroje, pila kružní č. op. 1 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op1} = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{0,95}{1} \cdot 100 = 95 \%$$

Využití stroje, soustruh hrotový č. op. 2 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op2} = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{4,82}{5} \cdot 100 = 96,4 \%$$

Využití stroje, soustruh poloautomat č. op. 3 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op3} = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{3,92}{4} \cdot 100 = 98 \%$$

Využití stroje, soustruh hrotový č. op. 6 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op6} = \frac{P_{th6}}{P_{sk6}} \cdot 100 = \frac{1,01}{1} \cdot 100 = 101 \%$$

Využití stroje, frézka na ozubená kola č. op. 7 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op7} = \frac{P_{th7}}{P_{sk7}} \cdot 100 = \frac{1,12}{1} \cdot 100 = 112 \%$$

Využití stroje, obrážečka na ozubená kola č. op. 8 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op8} = \frac{P_{th8}}{P_{sk8}} \cdot 100 = \frac{3,70}{4} \cdot 100 = 92,5 \%$$

Využití stroje, obrážečka na ozubená kola č. op. 9 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op9} = \frac{P_{th9}}{P_{sk9}} \cdot 100 = \frac{3,64}{4} \cdot 100 = 91 \%$$

Využití stroje, protahovačka svislá č. op. 12 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op12} = \frac{P_{th12}}{P_{sk12}} \cdot 100 = \frac{1,57}{2} \cdot 100 = 78,5 \%$$

Využití stroje, soustruh hrotový č. op. 16 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op16} = \frac{P_{th16}}{P_{sk16}} \cdot 100 = \frac{0,84}{1} \cdot 100 = 84 \%$$

Využití stroje, bruska na ozubení č. op. 17 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op17} = \frac{P_{th17}}{P_{sk17}} \cdot 100 = \frac{1,065}{1} \cdot 100 = 106,5 \%$$

Využití stroje, bruska hrot. univerzální č. op. 18 podle vzorce (3.7):

$$\eta_{op18} = \frac{P_{th18}}{P_{sk18}} \cdot 100 = \frac{0,84}{1} \cdot 100 = 84 \%$$

U stroje soustruh hrotový č. op. 6 byl zvolen skutečný stroj pouze jeden, i když využití stroje překračovalo sto procent. Důvod byl takový, že práci je možno převést na další soustruhy hrotové, které nedosahují sto procent účinnosti. U stroje frézka na ozubená kola vyšla účinnost 112 %. V tomto případě se nemůže práce stroje převést na jiný stroj a musí se zvolit jiné řešení. Pomocí organizačních a výrobních znalostí musíme snížit kusový čas operace nebo více časově zatížit stroj (pomocí např. přesčasů). Stejný případ jako je u frézky na ozubená kola je u brusky na ozubení, kde nám vyšla účinnost 106,5 %. Bylo zvoleno úplně stejné řešení jako v případě frézky na ozubená kola.

- Využití skupin strojů:

$$\eta_{sk} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \eta_i \cdot P_{skci}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{skci}} \quad [\%] \quad (3.8)$$

kde: η_i – využití strojů i-té operace [%]

P_{skci} – počet strojů i-té operace [ks]

$i - (1, 2, \dots, n)$, kde n je počet operací dané skupiny

Využití soustruhů podle vzorce 3.8:

$$\eta_{soustruhů} = \frac{\sum_{i=1}^{i=4} \eta_i \cdot P_{skci}}{\sum_{i=1}^{i=4} P_{skci}} = \frac{96,4 \cdot 5 + 98 \cdot 4 + 101 \cdot 1 + 84 \cdot 1}{5 + 4 + 1 + 1} = 96,3 \%$$

Využití obrážek podle vzorce 3.8:

$$\eta_{obrážek} = \frac{\sum_{i=1}^{i=2} \eta_i \cdot P_{skci}}{\sum_{i=1}^{i=2} P_{skci}} = \frac{92,5 \cdot 4 + 91 \cdot 4}{4 + 4} = 91,8 \%$$

Využití brusek podle vzorce 3.8:

$$\eta_{brusek} = \frac{\sum_{i=1}^{i=2} \eta_i \cdot P_{skci}}{\sum_{i=1}^{i=2} P_{skci}} = \frac{106,5 \cdot 1 + 84 \cdot 1}{2 + 1} = 95,3 \%$$

Využití u všech skupin u všech skupin přesahuje 90 %, což je velmi velké využití strojů.

- Využití celé linky

Obečný vztah:

$$\eta_L = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \eta_{skj} \cdot P_{skj}}{\sum_{j=1}^{j=n} P_{skj}} \quad [\%] \quad (3.9)$$

kde: η_{skj} – využití strojů j-té skupiny [%]

P_{skj} – počet strojů j-té skupiny [ks]

$j - (1, 2, \dots, n)$, kde n je počet skupin

Využití linky pomocí vzorce 3.9:

$$\eta_L = \frac{\sum_{j=1}^{j=6} \eta_{skj} \cdot P_{skj}}{\sum_{j=1}^{j=6} P_{skj}} = \frac{95 \cdot 1 + 96,3 \cdot 11 + 112 \cdot 1 + 91,8 \cdot 8 + 78,5 \cdot 2 + 95,3 \cdot 2}{1 + 11 + 1 + 8 + 2 + 3} = 93,9\%$$

Využití celé linky je 93,9 % a je větší než 75 %, tudíž stroje v dílně jsou velmi dobře využity. Tento dvousměnný provoz by se mohl přiblížit nepřetržitému provozu, který se uvažuje se stoprocentním využitím. Přehled počtu strojů i skupin spolu s jejich využitím je zpracován v příloze č. 2.

3.2.3 Výpočet počtu dělníků [1], [3]

Výpočet počtu dělníků se rozdělí na 5 částí. Nejdříve bude vypočten počet strojních dělníků, poté počet ručních dělníků, následovat bude výpočet pomocných dělníků, důležití jsou i pracovníci kontroly jakosti a jako poslední bude stanoven počet inženýrsko – technických a administrativních pracovníků (tzv. ITA). Koeficient překračování norem je u pracovišť, kde pracují ruční dělní větší (1,1 až 1,5). Je zvolena střední hodnota 1,3. Směnnost ručních i strojních dělníků je stejná jako směnnost strojních pracovišť.

- Počet strojních dělníků

Teoretický počet strojních dělníků v jedné směně:

$$D_{vs} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} \quad [\text{dělník}] \quad (3.10)$$

kde: t_k – kusový čas [min]

N – počet vyráběných kusů [ks]

E_s – časový fond stroje [h/rok]

s_s – směnnost strojních dělníků [-]

k_{pns} – koeficient překračování norem dělníků [-]

a – méněstrojová obsluha; $a=1$ [-]

Počítat pro každý stroj zvlášť počet dělníků je zbytečné, protože by se výsledek shodoval s počtem strojů.

Počet strojních dělníků v první směně je stejný jako celkový počet strojů:

$$D_{vssl.} \approx \text{počet strojů} = 25$$

Počet strojních dělníků v druhé směně:

$$D_{vssl.} = (S_s - 1) \cdot D_{vssl.} = (2 - 1) \cdot 25 = 25 \quad (3.11)$$

kde: S_s – směnnost strojních dělníků [-]

$D_{vsskl.}$ – počet strojních dělníků v první směně [dělník]

Celkový počet strojních dělníků:

$$D_{vsc} = D_{vssl.} + D_{vssl.} = 25 + 25 = 50$$

Evidenční stav strojních dělníků:

$$D_{evsc} = D_{vsc} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 50 \cdot \frac{1858}{1848} = 50,27 \quad [\text{dělník}] \quad (3.12)$$

kde: E_s – časový fond stroje [hod/rok]

E_d – časový fond dělníka [hod/rok]

$$D_{evsc} \cong 51 \text{ dělníků}$$

- Počet ručních dělníků
Teoretický výpočet ručních dělníků:

$$D_{vr} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pn_r}} \quad [\text{dělník}] \quad (3.13)$$

kde: t_k – kusový čas [min]
 N – počet vyráběných kusů [ks]
 E_r – časový roční fond [h/rok]
 s_r – směnnost ručních dělníků [-]
 k_{pn_r} – koeficient překračování norem dělníků [-]

Počet dělníků pro operaci č. 10, odjehlit:

$$D_{vr10} = \frac{t_{k10} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pn_r}} = \frac{3,0 \cdot 150000}{60 \cdot 2088 \cdot 2 \cdot 1,3} = 1,38$$

$$D_{vrs10} = 2 \text{ dělníci}$$

Počet dělníků pro operaci č. 11, označit materiál:

$$D_{vr11} = \frac{t_{k11} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pn_r}} = \frac{0,4 \cdot 150000}{60 \cdot 2088 \cdot 2 \cdot 1,3} = 0,18$$

$$D_{vrs11} = 1 \text{ dělník}$$

Počet dělníků pro operaci č. 13, odjehlit:

$$D_{vr13} = \frac{t_{k13} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pn_r}} = \frac{0,2 \cdot 150000}{60 \cdot 2088 \cdot 2 \cdot 1,3} = 0,09$$

$$D_{vrs13} = 1 \text{ dělník}$$

Počet dělníků pro operaci č. 14, očistit:

$$D_{vr14} = \frac{t_{k14} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pn_r}} = \frac{0,8 \cdot 150000}{60 \cdot 2088 \cdot 2 \cdot 1,3} = 0,37$$

$$D_{vrs14} = 1 \text{ dělník}$$

U operací č. 10, 11, 13, 14 je zbytečné zaměstnávat pět dělníků s minimálním využitím, tudíž bylo navrženo zaměstnat dva dělníky s využitím 101 %. Jedno procento využití, které je navíc, nahradí dělníci přesčasy nebo svojí zručností. U ručních pracovišť dle zkušeností je překračování norem normálním jevem.

Počet ručních pracovníků v I. směně: $D_{vrI.} = 2 \text{ dělníci}$

Počet ručních pracovníků ve II. Směně: $D_{vrII.} = 2 \text{ dělníci}$

Celkový počet ručních dělníků:

$$D_{vrc} = D_{vrI.} + D_{vrII.} = 2 + 2 = 4 \text{ dělníci}$$

Evidenční stav ručních dělníků:

$$D_{evrc} = D_{vrc} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 4 \cdot \frac{2048}{1848} = 4,43 \quad [\text{dělník}] \quad (3.14)$$

kde: D_{vrc} – celkový počet ručních dělníků [dělník]
 E_r – roční časový fond [hod/rok]
 E_d – časový fond dělníka [hod/rok]

$$D_{evrc} \cong 5 \text{ dělníků}$$

Celkový počet výrobních dělníků:

$$D_{vC} = D_{vSC} + D_{vrc} = 50 + 4 = 54 \text{ dělníků} \quad (3.15)$$

kde: D_{vSC} – celkový počet strojních dělníků [dělník]

D_{vrc} – celkový počet ručních dělníků [dělník]

Celkový počet evidenčních výrobních dělníků:

$$D_{evv} = D_{evsC} + D_{evrc} = 51 + 5 = 56 \text{ dělníků}$$

- Pomocný a obslužný personál

Tento personál určíme na základě zkušeností z doporučeného procentuálního poměru mezi pomocnými a výrobními dělníky. Poměr pro obslužný personál je 30 – 40%, zvolena střední hodnota 0,35. Poměr pro obslužný personál je 1,5 – 3 %, zvolí se hodnota 2 %.

Pomocný personál:

$$D_p = 0,35 \cdot D_{vC} = 0,35 \cdot 54 = 18,9 \quad [\text{dělník}] \quad (3.16)$$

kde: D_{vC} - celkový počet výrobních dělníků [dělník]

$$D_p = 20 \text{ pomocných dělníků}$$

Z důvodu dvousměnného provozu nelze dát lichý počet dělníků. Tudíž zvoleno 20 dělníků.

Evidenční počet pomocných dělníků:

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 1,1 \cdot 20 = 22$$

$$D_{evp} = 22 \text{ dělníků}$$

Celkový počet evidenčních dělníků:

$$D_{evC} = D_{evsC} + D_{evrc} + D_{evp} = 51 + 5 + 22 = 78 \text{ dělníků}$$

Pracovníci obslužného personálu:

$$D_{p0p} = 0,2 \cdot D_{evC} = 0,2 \cdot 78 = 1,56$$

$$D_{p0p} = 2 \text{ pracovníci}$$

- Pracovníci kontroly jakosti

Tyto pracovníci se nebudou počítat stejným způsobem jako výrobní dělníci z časových kontrolních operací, ale bude využita zkušenost. Na základě této zkušenosti se může stanovit počet kontrolorů v obrobkách, který se pohybuje v intervalu od 5 až 7 % ze strojních dělníků. Zvolí se hodnota 7 %.

Počet pracovníků kontroly jakosti:

$$D_K = 0,06 \cdot D_{vSC} = 0,06 \cdot 50 = 3 \quad [\text{dělník}] \quad (3.17)$$

kde: D_{vSC} – celkový počet strojních dělníků [dělník]

$$D_K = 3 \text{ pracovní kontroly jakosti}$$

- Pracovníci inženýrsko – techničtí a administrativní (ITA)

Počet těchto pracovníků vypočítáme opět na základě doporučených procentních poměrů. Procenta se pohybují mezi 15-25 %, je zvolena střední hodnota 10%.

Počet pracovníků ITA:

$$ITA = 0,2 \cdot (D_{evv} + D_{evp}) = 0,2 \cdot (56 + 22) = 15,6 \quad [\text{pracovník}] \quad (3.18)$$

kde: D_{evv} – celkový počet evidenčních výrobních dělníků [dělník]

D_{evp} – evidenční počet pomocných dělníků [dělník]

$$ITA = 16 \text{ pracovníků}$$

Tento počet pracovníků rozdělíme:

30 % administrativa = 5 pracovníků

20 % konstruktéři = 3 pracovníci

50 % operativní řízení (mistři a technologové) = 8 pracovníků

Celkový počet pracovníků se vypočítá součtem těchto 4 skupin pracovníků:

$$P_C = D_{evc} + ITA + D_{pop} + D_K = 78 + 16 + 2 + 3 = 99 \text{ pracovníků}$$

Přehled všech skupin pracovníků (dělníků) je zpracován v příloze č. 4. Bylo spočteno množství pracovišť a pracovníků, tudíž je možno přistoupit k výpočtům potřebné plochy.

3.2.3 Výpočet potřebné plochy útvarů [1], [3]

Výpočet potřebné plochy útvarů se skládá z více výpočtů. První bude vypočtena plocha výrobní, po ní bude následovat plocha pomocná, dále bude vypočtena plocha provozní, správní a na konec plocha sociální. Z hlediska návrhu dispozice nás zajímá plocha výrobní.

- Plocha výrobní

Výpočet plochy výrobní se skládá z dvou částí. První částí je výrobní plocha strojních pracovišť a druhá je výrobní plocha ručního pracoviště. Měrná plocha u strojního pracoviště se pohybuje v rozmezí 6 – 25 m², záleží na velikosti stroje. Byla zvolena pro náš případ hodnota 10 m². Měrná plocha ručního pracoviště je 8 m².

$$F_v = F_s + F_r \quad [m^2] \quad (3.19)$$

kde: F_s – výrobní plocha strojních pracovišť [m²]

F_r – výrobní plocha ručního pracoviště [m²]

$$F_v = F_s + F_r = 250 + 16 = 266 \text{ m}^2$$

Výrobní plocha strojních pracovišť:

$$F_s = f_s \cdot P_{sk} \quad [m^2] \quad (3.20)$$

kde: f_s – měrná plocha strojního pracoviště [m²/stroj]

P_{sk} – celkový počet strojů [stroj]

$$F_s = f_s \cdot P_{sk} = 10 \cdot 25 = 250 \text{ m}^2$$

Výrobní plocha ručních pracovišť:

$$F_r = f_r \cdot P_r \quad [m^2] \quad (3.21)$$

kde: f_r – měrná plocha ručního pracoviště [m²/stroj]

P_r – celkový počet ručních pracovišť [stroj]

$$F_r = f_r \cdot P_r = 8 \cdot 2 = 16 \text{ m}^2$$

- Pomocná plocha

Výpočet pomocné plochy se provede pomocí vztahu, který má pět složek. Pomocná plocha se dá vypočítat i zjednodušeným vztahem, který slouží spíše jako odhad nebo kontrola pro vypočtený reálný vztah.

Na základě statisticky zpracovaných informací z projektů se vypočítá pomocná plocha. Pohybuje se v intervalu (0,4 – 0,6) F_v . Zjednodušený vztah:

$$F_p = (0,4 \div 0,6) \cdot F_v = 0,5 \cdot 266 = 133 \text{ m}^2$$

Pro vypočtení samotné pomocné plochy musím nejdříve vypočítat všechny členy zahrnuté ve vztahu. Složitější vztah:

$$F_p = F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} \quad [m^2] \quad (3.22)$$

kde: F_{phn} – pomocná plocha hospodaření s nářadím $[m^2]$

$F_{pú}$ – pomocná plocha údržby $[m^2]$

F_{pskl} – pomocná plocha skladová $[m^2]$

F_{pdc} – pomocná plocha vnitřních dopravních cest $[m^2]$

F_{pk} – pomocná plocha kontroly $[m^2]$

$$F_p = F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} = 28,8 + 22,5 + 37,9 + 44,6 + 16,5 = 150,3 \, m^2$$

$$F_p \cong 151 \, m^2$$

Pomocná plocha hospodaření s nářadím:

$$F_{phn} = F_{phnv} + F_{phno} \quad [m^2] \quad (3.23)$$

kde: F_{phnv} – plocha výdejny nářadí $[m^2]$

F_{phno} – plocha ostřírny $[m^2]$

$$F_{phn} = F_{phnv} + F_{phno} = 8,8 + 20 = 28,8 \, m^2$$

Plocha výdejny nářadí:

Na jeden stroj ve výdejně je potřeba uvažovat úložnou plochu na nářadí, která se pohybuje v rozmezí $0,3 - 0,4 \, m^2$. Zvolí se hodnota $0,35 \, m^2$.

$$F_{phnv} = P_{sk} \cdot (0,3 \div 0,4) = P_{sk} \cdot 0,5 = 25 \cdot 0,35 = 8,8 \, m^2$$

Plocha ostřírny:

Nejdříve musí být stanoven počet strojů v ostřírně.

$$P_{sko} = 0,05 \cdot P_{sk} = 0,05 \cdot 25 = 1,3$$

$$P_{sko} \cong 2 \, stroje$$

Po zjištění počtu strojů v ostřírně a dané měrné plochy na 1 stroj, která bývá $7 - 8 \, m^2 + 2 - 3 \, m^2$ pomocné plochy, je možno vypočítat plochu ostřírny. Měrná plocha je zvolena $10 \, m^2$.

$$F_{phno} = P_{sko} \cdot f_{s0} = 2 \cdot 10 = 20 \, m^2$$

Pomocná plocha údržby:

Obdobný případ jako u ostřírny jako první se vypočítá počet strojů v údržbárně a následně bude vypočítána plochy údržbářské dílny.

Počet strojů v údržbárně:

$$P_{skú} = 0,01 \cdot P_{sk} = 0,01 \cdot 25 = 0,25$$

$$P_{skú} \cong 1 \, stroj$$

Plocha údržbářské dílny:

Měrná plocha na 1. stroj bývá většinou $20 - 25 \, m^2$ (zde je započítána i plocha na demontáž stroje, atd). Měrná plocha bude zvolena $22,5 \, m^2$.

$$F_{pú} = P_{skú} \cdot f_{ús} = 1 \cdot 22,5 = 22,5 \, m^2$$

Pomocná plocha skladová

Pomocná plocha skladová se stanoví podle strukturálního rozložení jednotlivých pomocných ploch. Poměr pomocné plochy skladové a pomocné plochy je v rozmezí $(27 - 30 \%) F_p$. Zvolí se hodnota $28,5 \%$.

$$F_{pskl} = (27 \div 30 \%) \cdot F_p = 0,285 \cdot 133 = 37,9 \, m^2$$

Pomocná plocha vnitřních dopravních cest

Pomocná plocha vnitřních dopravních cest se stanoví úplně stejně jako pomocná plocha skladová, tudíž podle strukturálního rozložení jednotlivých pomocných ploch. Poměr u této plochy je v rozmezí (32 – 35 %) F_p . Zvolí se střední hodnota 33,5 %.

$$F_{pdc} = (32 \div 35 \%) \cdot F_p = 0,335 \cdot 133 = 44,6 \text{ m}^2$$

Pomocná plocha kontroly

Pomocná plocha kontroly se stanoví pomocí potřebné plochy pracoviště kontroly, která je v rozmezí (5 – 6) m^2 . Je zvolena hodnota 5,5 m^2 .

$$F_{pk} = D_K \cdot f_k = 3 \cdot 5,5 = 16,5 \text{ m}^2$$

- Plocha provozní

Plocha provozní není žádná plocha, která by se měla složitě počítat. Je to plocha, která se skládá z plochy výrobní a pomocné.

$$F_{pr} = F_v + F_p = 266 + 151 = 417 \text{ m}^2$$

- Plocha správní

Správní plochu vypočteme z počtu ITA pracovníků a podle normované plochy pro jednoho pracovníka své dané kategorie. Pro technika se plocha pohybuje v rozmezí 5 – 6 m^2 , pro konstruktéra je 8 – 12 m^2 a pro administrativního pracovníka je 4,5 – 5 m^2 . Zvoleny jsou střední hodnoty těchto intervalů, tudíž technik 5,5 m^2 , konstruktér 10 m^2 a administrativní pracovník 4,75 m^2 . Vypočtená plocha se posléze zvětší o 35 – 40 %, kde zahrnujeme plochu výtahů, chodeb a schodišť. Volena je hodnota 37,5 %.

$$F_{spr} = (T \cdot 5,5 + A \cdot 4,75 + K \cdot 10) \cdot 1,375 \quad [\text{m}^2] \quad (3.24)$$

kde: T – počet techniků [pracovník]

A – počet administrativních pracovníků [pracovník]

K – počet konstruktérů [pracovník]

$$\begin{aligned} F_{spr} &= (T \cdot 5,5 + A \cdot 4,75 + K \cdot 10) \cdot 1,375 = \\ &= (8 \cdot 5,5 + 5 \cdot 4,75 + 3 \cdot 10) \cdot 1,375 = 134,31 \\ F_{spr} &\cong 135 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Plocha sociální

Za sociální plochu uvažujeme plochu šaten, umývárny a WC.

$$F_{soc} = F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{wc} \quad [\text{m}^2] \quad (3.25)$$

kde: $F_{\text{šat}}$ – plocha šaten [m^2]

F_{um} – plocha umývárny [m^2]

F_{wc} – plocha záchodů [m^2]

$$F_{soc} = F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{wc} = 89 + 18 + 12 = 119 \text{ m}^2$$

Plocha šaten

Plocha šaten je asi cca 0,8 m^2 na pracovníka. Vypočtenou plochu šaten zvětšujeme o 35 – 45 % z důvodu chodeb, atd. Zvolí se hodnota 40 %.

$$F_{\text{šat}} = 0,8 \cdot (D_{evv} + D_{evp} + D_{pop}) \cdot 1,4 \quad [\text{m}^2] \quad (3.26)$$

kde: D_{evv} – evidenční počet výrobních dělníků [dělník]

D_{evp} – evidenční počet pomocných dělníků [dělník]

D_{pop} – pracovníci obslužného personálu [pracovník]

$$\begin{aligned} F_{\text{šat}} &= 0,8 \cdot (D_{evv} + D_{evp} + D_{pop}) \cdot 1,4 = 0,8 \cdot (56 + 21 + 2) \cdot 1,4 = 88,48 \\ F_{\text{šat}} &\cong 89 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Plocha umývárny

Plocha umývárny je v rozmezí $0,3 - 0,4 \text{ m}^2$ na dělníka. Zvolí se střední hodnota $0,35 \text{ m}^2$. Pracovníci se počítají pouze z jedné směny. Stejně jako u plochy šaten je vypočtená plocha vynásobena 40 %.

$$F_{um} = 0,35 \cdot (D_{vssl.} + D_{pl.} + D_{popl.}) \cdot 1,4 \quad [\text{m}^2] \quad (3.27)$$

kde: $D_{vl.}$ – výrobní dělníci v první směně [dělník]

$D_{pl.}$ – pomocní dělníci v první směně [dělník]

$D_{popl.}$ – pracovníci obsluhy v první směně [pracovník]

$$F_{um} = 0,35 \cdot (D_{vl.} + D_{pl.} + D_{popl.}) \cdot 1,4 = 0,35 \cdot (25 + 10 + 1) \cdot 1,4 = 17,64$$

$$F_{um} \cong 18 \text{ m}^2$$

Plocha záchodů

Jedno záchodové zařízení má 2 m^2 a je pro 15 – 20 lidí. Volím hodnotu 15 lidí. Nejdříve se vypočítá počet potřebných zařízení a následně se provede výpočet plochy. Plocha musí být zvětšena jako v předchozích případech o 40 %.

Počet lidí (počítá se pro jednu směnu)

$$P_l = \frac{P_c}{2} = \frac{98}{2} = 49 \quad P_l \cong 49 \text{ pracovníků}$$

Počet zařízení

$$P_z = \frac{P_l}{15} = \frac{49}{15} = 3,27 \quad P_z \cong 4 \text{ zařízení}$$

Plocha záchodů

$$F_{wc} = 2 \cdot P_z \cdot 1,4 = 2 \cdot 4 \cdot 1,4 = 11,2$$

$$F_{wc} \cong 12 \text{ m}^2$$

- Plocha útvaru

Tato plocha se skládá z plochy provozní, správní a sociální.

$$F_{útv} = F_{pr} + F_{spr} + F_{soc} = 417 + 135 + 119 = 671 \text{ m}^2$$

- Plocha linky

Od plochy linky nebo dílny se musí odečíst potřebná plocha na hospodaření s nářadím a údržbářská dílna.

$$F_L = F_{pr} - (F_{phn} + F_{pú}) \quad [\text{m}^2] \quad (3.28)$$

kde: F_{pr} – provozní plocha $[\text{m}^2]$

F_{phn} – potřebná plocha na hospodaření s nářadím $[\text{m}^2]$

$F_{pú}$ – plocha údržbářské dílny $[\text{m}^2]$

$$F_L = F_{pr} - (F_{phn} + F_{pú}) = 417 - (28,8 + 22,5) = 365,7$$

$$F_L \cong 366 \text{ m}^2$$

Celková plocha modelované obrobny podniku je 366 m^2 . Souhrnná tabulka nejdůležitějších ploch bude uvedena v příloze č. 4.

3.2 Variantní řešení dispozice [1,2,3]

Variantní řešení dispozice bylo rozděleno na dvě obrobny o různých šířkách haly. Jako první byla navrhována hala se šířkou 18 m a jako druhá byla zvolena šířka 12 m. Při kreslení obrobny bylo dbáno na zásady rozmístění strojů a zásady při projektování obrobny. Při projektování se musí zohlednit manipulace s materiálem. Jako manipulační jednotka byla zvolena paleta, která je 1,2 m dlouhá a 0,8 m široká. Pro zajištění manipulace s materiálem musí být zvolen manipulační prostředek. V prvním návrhu byl zvolen mostový jeřáb a ve druhém vysokozdvizný vozík. V dílně je zavedena pouze jednostrojová výroba.

- Hala se šířkou 18 m

Návrh obrobny se šířkou 18 m byl zkonstruován přímo pro mostový jeřáb, který bude zajišťovat manipulaci po celé ploše haly. Mezi jednotlivými uličkami osazenými stroji nemusí být vzdálenost tak velká, a proto byla vybrána šířka 0,9 m. Mezery mezi stroji dodržují zásady rozmístování strojů. Všechny mezery, které jsou důležité, mají šířku 0,5 m. Rozměry obrobny jsou 24,5 m x 18 m. Celková plocha je 441 m². Vlastní návrh dispozice je uveden na výkrese č. 2.

- Hala se šířkou 12 m

V této obrobně bude jako manipulační prostředek sloužit vysokozdvizný vozík. Dispozice haly je tomuto prostředku přizpůsobena. Mezi jednotlivými uličkami osazenými stroji musí být větší vzdálenost než u haly první. Budou zvoleny uličky se šířkou 2,1 m. Zásady jsou dodrženy úplně stejně jako v předcházejícím návrhu. Mezery mezi stroji jsou všechny 0,5 m, kvůli dobré manipulaci vysokozdvizného vozíku. Rozměry dispozice jsou 50 m x 12 m, tudíž celková plocha dílny je 600 m². Dispozice haly je uvedena na výkrese č. 3.

4 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [1,2]

V druhé části kapacitních propočtů byly vypočteny počty strojů, jejich využití a následně využití skupin strojů. V této části můžeme říci, že byly provedeny úpravy skutečných počtů strojů. U stroje soustruh hrotový č. op. 6, kde využití bylo 101 %, nebyl žádný problém práci přesunout na jiný soustruh, protože v technologickém postupu je více operací prováděných na těchto soustruzích. Ale u frézky na ozubená kola č. op. 7 bylo využití 114 %. Zde se práce nemohla přesunout na jiný stroj a muselo se najít jiné řešení, protože kdyby byly zvoleny dva stroje, bylo by využití pouze 57 %, což není dostatečné. Snížení kusového času nebo pomocí přesčasů se využití změní a stroj bude schopen vyrobit požadovaný počet kusů. Stejný případ jako tento byl u brusky na ozubení č. op. 17. Využití vycházelo 106,5 % pro jeden stroj. Po zvážení byl ponechán jeden stroj a procenta navíc budou dosažena pomocí změny kusového času nebo přesčasů.

Ve druhé části byly zjištěny počty dělníků na různých pracovištích. Na ručním pracovišti byla provedena optimalizace počtu pracovníků. V technologickém postupu jsou čtyři stanoviště ručních dělníků. Počet dělníků pro jednotlivé operace vycházel 1,38; 0,18; 0,09 a 0,37. V tomto případě nedošlo k zaokrouhlování, jak tomu bylo u strojů, nýbrž k úvaze kolik je zapotřebí dělníků, aby měli patřičné využití. Nakonec byli zvoleni dva ruční pracovníci s využitím 101 %, kteří obstarají všechny čtyři pracoviště. Využití sice vychází přes sto procent, ale překonávání norem zvláště u ručních dělníků je běžným jevem. Záleží to především na zručnosti a šikovnosti jednotlivých zaměstnanců. Dále byla provedena úprava počtu pracovníků obslužného personálu z důvodu dvousměnného provozu. Počet pracovníků vycházel 19. Bohužel devatenáct pracovníků nejde rozdělit do dvou směn rovnoměrně, tudíž byl jeden pracovník přidán a celkový počet se zaokrouhlil na dvacet. Deset a deset pro každou směnu.

V poslední části návrhu řešení byly navrženy dvě obrobny pro naši zvolenou součástku. Před tím než bylo možno vůbec navrhnout dispozici, musely být provedeny kapacitní propočty. Z nichž nejdůležitější propočet byl celková plocha linky (obrobny), která vyšla přibližně 366 m². Jako první byla navržena obrobna se šířkou lodi 18 m, která byla zkonstruována speciálně pro mostový jeřáb. Co se týče plochy, tak celková plocha byla vypočtena na 441 m². Tudíž rozdíl od vypočtené hodnoty je 75 m². Druhá dispozice měla šířku lodi 12 m a byla uzpůsobena pro vysokozdvizný vozík, který potřebuje větší uličky než mostový jeřáb. Celková plocha druhé obrobny je 600 m². Rozdíl mezi vypočtenou hodnotou je 234 m². Z tohoto hlediska se jeví jako lepší varianta hala se šířkou lodi 18 m viz tabulka 2.

Tab. 2 Zhodnocení ploch.

Plocha	m ²	Rozdíl vůči vypočtené [m ²]	Úspora vůči Návrhu 2 [m ²]
Vypočtená	366	x	x
Návrh - 1	441	75	159
Návrh - 2	600	234	x

Naopak z hlediska ceny manipulačních prostředků je tomu naopak, protože mostový jeřáb je o dost nákladnější než vysokozdvizný vozík. Z dalšího hlediska manipulace s materiálem bude určitě jednodušší manipulace zajištěná mostovým jeřábem např. palety u soustruhu. Tato obrobna slouží prvotně pro zadanou součást, ale pokud by měla sloužit i pro výrobu jiných ozubených kol, tak by došlo ke změnám v technologickém postupu a to by zapříčinilo změny v uspořádání strojů. Pro tyto optimalizace by byl výhodnější mostový jeřáb, který by mohl potřebný stroj přemístit na nové místo.

Z těchto důvodů, které jsou uvedeny, bych zvolil, i přesto že pořizovací cena jeřábu není nejlevnější, obrobnu se šířkou haly 18 m. Tato hala má víc kladů než záporů, tudíž bych ji upřednostnil při uvedení do praxe.

5 ZÁVĚR

Navržená součást ozubené kolo je vyrobeno z materiálu 12 060.1. Za rok musí být vyrobeno 150 000 ks. Kvůli splnění požadované výroby, bude v obrobně zaveden dvousměnný provoz. Na základě poznatků z literatury, variantní řešerše uspořádání strojů bylo rozhodnuto, že stroje budou situovány v předmětném uspořádání, které z hlediska sériovosti odpovídá požadavkům. Na základě rozsáhlých kapacitních propočtů byly stanoveny počty strojů, dělníků a ploch. Celkový počet strojů je 25. V obrobně je zavedena pouze jednostrojová výroba, tudíž počet strojů odpovídá počtu strojních dělníků v jedné směně. Při dvousměnném provozu je zaměstnáno celkem 50 strojních dělníků. Co se týče ploch, tak výrobní plocha naší navržené obrobny by měla odpovídat 366 m^2 . Toto číslo je pouze teoretické. Z technicko – ekonomického hodnocení bylo rozhodnuto, že obrobna bude navržena se šířkou lodi 18 m a délkou 24,5 m. Celková zastavěná plocha bude 441 m^2 . V této obrobně bude jako manipulační prostředek mostový jeřáb, který bude pokrývat celou plochu obrobny. Manipulační jednotka bude paleta o rozměrech 1,2 x 0,8 m.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [4]

1. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I.* Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 9788021436077.
3. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty.* 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1991. ISBN 80-214-0385-3.
4. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
5. SMETANA, J. *Projektování technologických pracovišť.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
6. Obrobna. *Jindra* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.jindra.cz/obrobna-foto.html>
7. Obrobna. *Mopos* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.mopos.com/vyrobni-zarizeni/obrabeni.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Počet administrativních pracovníků	[pracovník]
a	Méněstrojová výroba	[dělník]
D _{evC}	Celkový počet evidenčních dělníků	[dělník]
D _{evp}	Evidenční počet pomocných dělníků	[dělník]
D _{evrC}	Celkový počet ručních dělníků	[dělník]
D _{evsC}	Celkový počet evidenčních strojních dělníků	[dělník]
D _{evv}	Celkový počet evidenčních výrobních dělníků	[dělník]
D _i	Průměr válce	[m]
D _K	Počet pracovníků kontroly jakosti	[pracovník]
D _p	Počet pomocných dělníků	[dělník]
D _{pI.}	Počet pomocných dělníků v první směně	[dělník]
D _{pOp}	Počet pracovníků obslužného personálu	[pracovník]
D _{pOpI.}	Počet pracovníků obslužného personálu v první směně	[pracovník]
D _{vC}	Celkový počet výrobních dělníků	[dělník]
D _{vrI.}	Počet ručních dělníků v první směně	[dělník]
D _{vrII.}	Počet ručních dělníků ve druhé směně	[dělník]
D _{vrC}	Celkový počet evidenčních ručních dělníků	[dělník]
D _{vri}	Počet ručních dělníků	[dělník]
D _{vs}	Počet strojních dělníků	[dělník]
D _{vsC.}	Celkový počet strojních dělníků	[dělník]
D _{vssI.}	Počet strojních dělníků v první směně	[dělník]
D _{vssII.}	Počet strojních dělníků ve druhé směně	[dělník]
E _d	Časový fond dělníka	[hod/rok]
E _r	Roční časový fond	[hod/rok]
E _s	Časový fond stroje	[hod/rok]
F _L	Plocha linky (dílny)	[m ²]
F _p	Pomocná plocha	[m ²]
F _{pdc}	Pomocná plocha vnitřních dopravních cest	[m ²]
F _{phn}	Pomocná plocha hospodaření s náradím	[m ²]
F _{phno}	Plocha ostřírny	[m ²]
F _{phnv}	Plocha výdejny náradí	[m ²]
F _{pk}	Pomocná plocha kontroly	[m ²]
F _{pr}	Plocha provozní	[m ²]
F _{pskl}	Pomocná plocha skladová	[m ²]
F _{pú}	Pomocná plocha údržby	[m ²]
F _r	Výrobní plocha ručního pracoviště	[m ²]
F _s	Výrobní plocha strojních pracovišť	[m ²]
F _{soc}	Plocha sociální	[m ²]
F _{spr}	Plocha správní	[m ²]
F _{šat}	Plocha šaten	[m ²]
F _{um}	Plocha umýváren	[m ²]
F _{útv}	Plocha útvaru	[m ²]
F _v	Výrobní plocha	[m ²]
F _{wC}	Plocha záchodů	[m ²]
f _K	Potřebná plocha pracoviště kontroly	[m ²]
f _r	Měrná plocha ručního pracoviště	[m ² /stroj]
f _s	Měrná plocha strojního pracoviště	[m ² /stroj]
h	Výška válce	[m]
ITA	Počet pracovníků ITA	[pracovník]
K	Počet konstruktérů	[pracovník]

Označení	Legenda	Jednotka
k_{pnr}	Koeficient překračování norem dělníků	[-]
k_{pns}	Koeficient překračování norem	[-]
m_{ξ}	Čistá hmotnost součásti	[kg]
m_p	Hmotnost polotovaru	[kg]
N	Počet vyráběných kusů	[ks]
P_C	Celkový počet pracovníků	[pracovník]
Pl	Počet lidí v jedné směně	[pracovník]
P_{skci}	Skutečný počet strojů i-té operace	[ks]
P_{ski}	Skutečný počet strojů	[ks]
P_{sko}	Počet strojů v ostrírně	[stroj]
$P_{skú}$	Počet strojů v údržbárně	[stroj]
P_{thi}	Teoretický počet strojů	[ks]
P_z	Počet zařízení	[zařízení]
S_r	Směnnost ručních dělníků	[-]
S_s	Směnnost strojních pracovišť	[-]
T	Počet techniků	[pracovník]
t_{ki}	Kusový čas dané operace	[min]
V_C	Celkový objem součásti	[m ³]
V_i	Objem válce	[m ³]
V_p	Objem polotovaru	[m ³]
η_{brusek}	Využití brusek	[%]
η_i	Využití strojů i-té operace	[%]
η_L	Využití linky	[%]
$\eta_{obrážeček}$	Využití obrážeček	[%]
η_{opi}	Využití stroje na operaci	[%]
$\eta_{soustruhů}$	Využití soustruhů	[%]
ρ_{oceli}	Hustota oceli	[kg/m ³]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady obroben v praxi [6], [7].....	10
Obr. 2 Volné uspořádání pracovišť [3].....	11
Obr. 3 Technologické uspořádání pracovišť [3].....	11
Obr. 4 Modulární uspořádání pracovišť [3].....	12
Obr. 5 Buňkové uspořádání pracovišť [3]	12
Obr. 6 Předmětné uspořádání pracovišť [3]	13
Obr. 7 Ozubené kolo.....	15

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Nejdůležitější části technologického postupu	16
Tab. 2 Zhodnocení ploch	29

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Technologický postup
Příloha 2	Souhrnná tabulka strojů
Příloha 3	Souhrnná tabulka pracovníků
Příloha 4	Souhrnná tabulka ploch

SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres 1	Ozubené kolo	BP-160923-01
Výkres 2	Návrh obrobny-1	BP-160923-02
Výkres 3	Návrh obrobny-2	BP-160923-03

Souhrnná tabulka pracovníků (Příloha č. 3)

Profese pracovníků	Počet	Evidenční počet
Výrobní dělníci strojní	50	51
Výrobní dělníci ruční	4	5
Pomocní dělníci	20	22
Pracovníci kontroly jakosti	3	3
Pomocný a obslužný personál	2	2
ITA	16	16
Celkový počet pracovníků		99

Souhrnná tabulka ploch (Příloha č. 4)

NÁZEV	OZNAČENÍ	[m ²]
Plocha strojního pracoviště	F _s	250
Plocha ručního pracoviště	F _r	16
Výrobní plocha	F _v	266
Plocha pro hospodaření s nářadím	F _{phn}	28,8
Plocha údržbářské dílny	F _{pú}	22,5
Plocha skladu	F _{pskl}	37,9
Plocha dopravních cest	F _{pdč}	44,6
Plocha kontroly	F _{pk}	16,5
Plocha pomocná	F _p	151
Plocha provozní	F _{pr}	417
Plocha správní	F _{spr}	135
Plocha sociální	F _{soc}	119
Plocha útvaru	F _{útv}	671
Plocha linky (dílny)	F _L	366