

1. ПОИМ ЗА СИСТЕМ И ПРОЦЕС ВО ПРОИЗВОДСТВОТО

1.1. ПОИМ ЗА СИСТЕМИ И ПРОЦЕСИ ВО ПРОИЗВОДНОТО ИНЖЕНЕРСТВО

1.1.1. ДЕФИНИЦИЈА НА СИСТЕМ

Зборот систем е од грчко потекло и означува целина составена од делови, односно збир од елементи помеѓу кои постојат одредени релации и законитости на взаемно однесување. Во општа смисла, под поимот систем се подразбира поредок и ред спротивно од хаос и неред, па затоа поимот систем може да се анализира од различни аспекти, како: општествен систем, политички систем, деловен систем, произведен систем, периодичен систем на елементи, броен систем, децимален систем итн.

Во литературата постојат бројни дефиниции за поимот систем поставени од различни автори, а дел од нив се дадени во продолжение:

- Систем е збир на голем број активни единици (елементи, компоненти, фактори и сл.), кои можат да бидат физички или апстрактни, природни или вештачки;
- Систем е збир на елементи во меѓусебно дејство, на кои можат да се применат одредени системски закони (Bertalanffy);
- Систем е збир од објекти заедно со односите меѓу објектите и нивните атрибути (атрибути се особини на објектите) (A.D. Hall i R.E. Fagen);
- Систем е збир од елементи, релации меѓу нив и нивни карактеристики интегрирани во целина за остварување на одредена цел, односно промени на состојбата на системот (Д. Зеленовиќ).

Според бројните дефиниции за системот, а во зависност од условите во кои се набљудува системот, може да се изведе следнава класификација на парцијални дефиниции на системот:

- Теоретска дефиниција - Систем е збир од меѓусебно поврзани активни единици,
- Структурна дефиниција - Систем е збир од меѓусебно поврзани единици ко се наоѓаат во одредено опкружување,
- Функционална дефиниција - Во системот се врши трансформација на "влезот", кој се добива од опкружувањето во "излез", кој му се предава на опкружувањето (графички приказ даден на сл. 2.1),
- Динамичка дефиниција - Системот содржи низа процедурални логички активности кои ја извршуваат поставената функција на системот.

Во рамките на теориите за системот, усвоена е конвенција за неговиот графички модел, прикажан на сликата 2.1. Графичкиот модел базира на функционалната дефиниција, според која во системот се врши трансформација на "влез" кој се добива од опкружувањето во "излез" кој се предава на опкружувањето. Притоа се реализираат три основни функции на системот:

- процес
- управување и

- контрола на состојбата.



Слика 2.1. Графички модел на системот (F – функција на целта на системот, K – карактеристика на системот, T – оператор на трансформацијата, D – состојба на системот)

1.1.2. ОСНОВНИ ГОЛЕМИНИ НА СИСТЕМОТ

Во согласност со дефиницијата и моделот на системот, во системот се врши трансформација на влезните големини, во излезни големини. За да може овој процес да се опишува и проучува, треба да се дефинираат следните големини на системот:

- **ФУНКЦИЈА НА ЦЕЛТА НА СИСТЕМОТ** - ги одредува целите поради кои постои системот и кои во одреден временски момент системот треба да ги постигне.
- **КАРАКТЕРИСТИКИ НА СИСТЕМОТ** - се оние особини и елементи на системот со чија помош тој се идентификува, се разликува и се споредува со други системи од иста класа. Тоа значи дека карактеристиките, истовремено се показатели на квалитетот на системот.
- **ВЛЕЗНИ ГОЛЕМИНИ (ВЛЕЗОВИ - V)** - се независно променливи големини кои одредени елементи на системот или системот ги прима на влезот со цел за обезбедување на процес на работа на системот. Можат да бидат во облик на материјални, енергетски или информативни големини.
- **ИЗЛЕЗНИ ГОЛЕМИНИ (ИЗЛЕЗИ - I)** - го претставуваат резултатот на работата односно трансформациите во системот, па како и влезовите, можат да бидат од материјален, енергетски и информациски карактер.
- **ОПЕРАТОР НА ТРАНСФОРМАЦИЈА НА СИСТЕМОТ (T)** - претставува правило по кое влезот во системот се претвора во излез. Операторот на трансформација, по правило, се претставува со соодветна математичко - логичка релација:

$$T(V) = I \quad \text{или} \quad T : V \rightarrow I \quad (1.1)$$

Кај сложените системи операторот на трансформација претставува збир од постапки со кои влезот се претвора во излез. Кај производните системи, операторот на трансформација се дефинира со проектирање на технолошкиот и производниот процес.

- СОСТОЈБА НА СИСТЕМОТ - е способност на системот да изврши или не изврши некои процеси, односно да ги реализира целите на системот дефинирани со функцијата на целта.
- ОКОЛИНА НА СИСТЕМОТ - претставува збир на објекти и нивни карактеристики чии промени влијаат на системот и кои, исто така се менуваат под влијание на однесувањето на системот.

Сите активности на системот можат да се групираат на основа на математичко - логичката релација (1.1) на:

- систем на анализа - потребно е да се објасни содржината T , V и I ,
- систем на операција - дадено е T и V , а треба да се одреди I ,
- систем на инверзија - дадено е T и I , а треба да се одреди V ,
- систем на синтеза - дадено е V и I , а треба да се одреди T ,
- систем на оптимизација - треба да се изрази V , I или T , така што според поставените критериуми ќе се изврши оптимизација

1.1.3. ОСНОВНИ ФУНКЦИИ НА СИСТЕМОТ

Системот може да се претстави со три основни функции: **процес, управување и контрола**. Процесот претставува збир на активности кои влезот го трансформираат во излез. Управувањето се однесува на насочено водење на сигналите потребни за изведување на процесот. Контрола на состојбата се однесува на контрола и идентификација на сите сигнали и извршни органи на системот.

Во трансформациониот процес се врши трансформација на влезот кој се состои од информација, енергија и/или материјал во излез кој исто така се состои од информација, енергија и/или материјал.

Информацијата претставува податок кој го поврзува процесот со неговото извршување во системот. Генерално информациите ги опфаќаат податоците за средствата, управувањето, материјалите, комуникациите, одредени пресметки со влезни и излезни параметри и др.

Енергијата обезбедува способност на системот за извршување на предвидените процеси и функции. Во еден систем, во тек на изведување на трансформациониот процес се врши генерирање, конверзија, пренос и дистрибуција на енергија.

Материјалот е определен со физички својства и хемиски состав, како и со подобност да се третира со предвидениот трансформационен процес. Карактеристиките како формата на влезниот и излезниот материјал се дефинираат со одредени барања во системот, кои преку информациите се пренесуваат низ процесот.

1.2. СИСТЕМИ ВО ПРОИЗВОДНОТО ИНЖЕНЕРСТВО

Терминот производно инженерство е еквивалентен на терминот "production engineering" кој се користи во Европа и Јапонија, како и на терминот "manufacturing engineering" кој се користи во Америка.

Производното инженерство ја претставува основната научна дисциплина на производната практика и го содржи генералниот комплекс на активности неопходни за

добивање на индустриските производи. Ги опфаќа средствата и методите на производството во индустријата.

Производното инженерство опфаќа три основни области и тоа:

- производни техники,
- производни технологии и
- производна кибернетика.

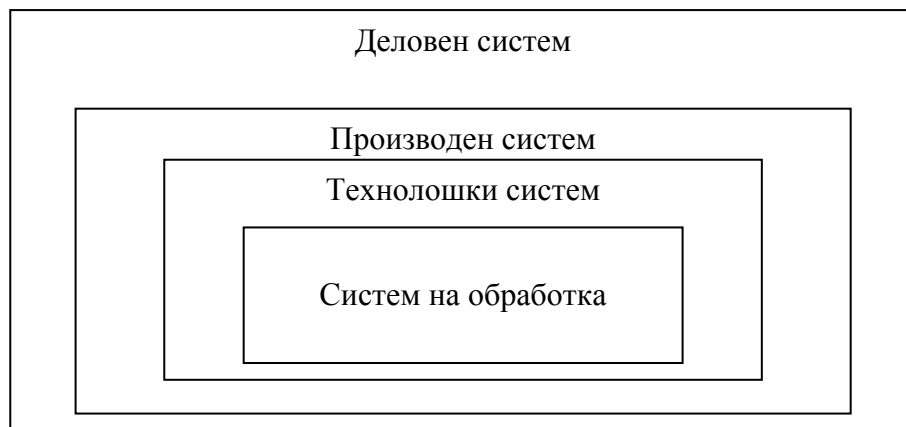
Производните техники опфаќаат широк спектар на машини, роботи, автоматизирани системи за ракување со материјал, системи за автоматизирана монтажа и флексибилни технолошки системи.

Производните технологии ги опфаќаат конвенционалните технологии на обработка, неконвенционалните технологии, компјутерските технологии и новите високо брзински технологии микро и нано, кои се во спрега со новата генерација на конструктивни материјали.

Производната кибернетика ја опфаќа примената на информатичките технологии за проектирања (CAD, CAPP, CAM, CAE) на производот, производството, организацијата, планирањето и управувањето со технолошките системи на база на компјутери. На овој начин се овозможува интеграција на информациите и производните технологии, со што се реализираат новите генерации на производните системи.

Во рамките на производното инженерство, а на основа на поставките на теориите за системите, можат да се дефинираат следните системи (сл.2.2):

- деловен систем,
- производен систем,
- технолошки систем и
- систем на обработка.



Слика. 2.2 Структура на системите во производното инженерство

Деловниот систем е најширок комплекс и содржи збир од производни и останати работно ориентирани подсистеми. Преку своите подсистеми најтесно е врзан за околината чии потреби треба да ги задоволи и на тој начин прави единствен динамички систем кој се однесува во склад со условите на околината.

Производниот систем претставува збир од основните технолошки системи и останатите информатички и енергетски структури кои овозможуваат трансформација

на појдовниот материјал во готов производ. Се состои од елементи со кои почнува дефинирањето на производот, а се завршува со елементите со кои се добива готов производ, подготвен за пазарот.

Технолошкиот систем е дел од производниот систем. Се состои од елементи со кои од појдовниот материјал, полуфабрикат или друга сировина се добиваат готови делови и склопови. На пример, технолошки систем претставува линија или група на машини каде се изведуваат одредени операции и активности, така што од полуфабрикат ќе се добие готов машински дел.

Обработувачкиот систем или систем на обработка е дел од технолошкиот систем кој се состои од машински систем на кој се изведува збир на одредени операции за обработка, опслужуван од работник кој ја управува или од систем за автоматско управување.

Врз основа на дадените дефиниции произлегува хиерархиската структура на системот во која на врвот се наоѓа **деловниот систем** (во општ случај се идентификува со претпријатието) како самостоен субјект во стопанскиот систем.

Технолошките системи го претставуваат физичкиот збир на обработувачки и други системи, кои обезбедуваат можност за изведување на **процесите на обработка**. Според тоа, технолошкиот систем има, во извесна смисла, статична форма, која во динамичкиот процес се претвора во производен систем со појавата на влезот, односно со појавата на потребата за производство од одреден тип и количината на производот. Оваа потреба во практиката на функционирање на индустрискиот систем се дефинира преку работниот налог и придружната работна документација. Појавата на работен налог како информациско-документациска основа на производниот процес, го придвижува технолошкиот процес и во тој момент технолошкиот систем преминува од статична во динамична форма, која тогаш има статус на **производен систем**.

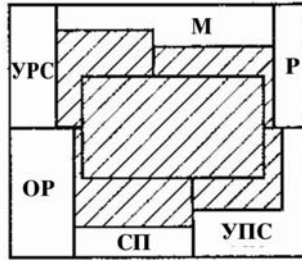
Од ваквото сфаќање на односот на производниот и технолошкиот систем произлегува дека во еден деловен систем можат да се појавуваат производни системи од различни типови и облици, зависно од карактерот на производната програма и од пристапот во проектирањето на технолошките процеси.

Примери на производни системи се :

- производен систем за производство на поединечни делови од кои се состои комплексниот производ,
- производен систем за производство на една класа слични делови според системот на групна технологија,
- производен систем за монтажа на склопот или готовиот производ и
- производен систем за производство на производи од континуиран карактер во процесната индустрија.

1.2.1. ДЕЛОВНИ СИСТЕМИ

Деловниот систем преку неговите основни подсистеми е директно поврзан со околината во која и за која функционира и претставува збир на делови од производниот систем и останатите работно ориентирани подсистеми, како што е прикажано на сликата 1.3.: управување и раководење на работните системи (УРС), Маркетинг (М), Развој (Р), Управување со паричните средства (УПС), Општи работи (ОР), Интегрирана системска поддршка (СП).



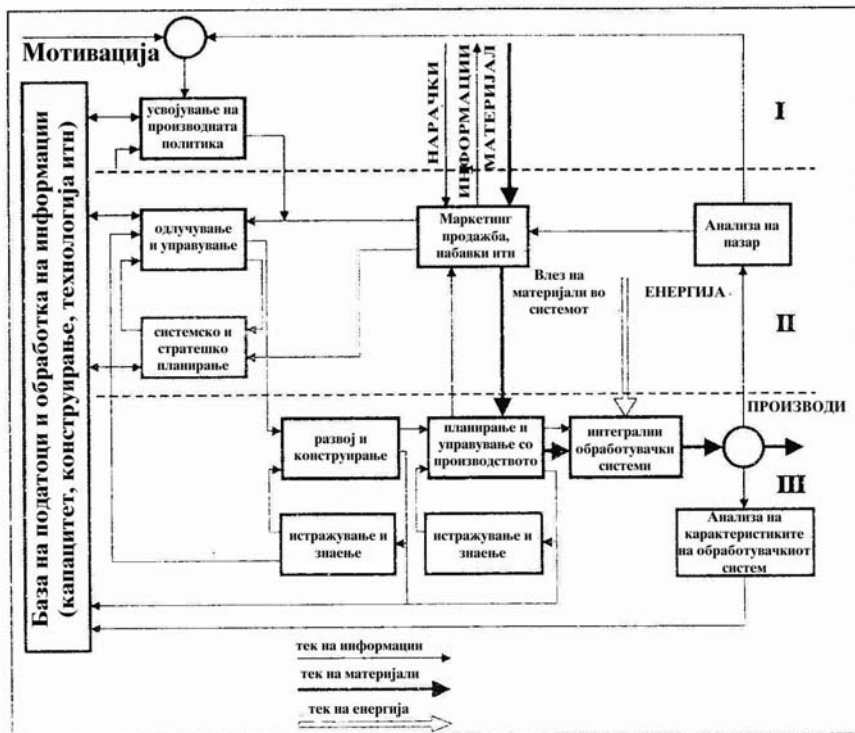
Слика 1.3. Основна структура на деловниот систем

На слика 1.4. е прикажан информатичкиот модел на деловниот систем, каде се следи текот на информациите низ комплетниот деловен систем, базирано на примена на информатичка технологија со заедничка база на податоци, размена и обработка на информации на сите нивоа на системот. Информатичкиот модел содржи три значајни нивоа:

- Производна политика (I)
- Одлучување и управување (II)
- Техничка и технолошка разработка (III)

Првото ниво се однесува на усвојување на деловната политика преку стратешко определување на производите кои ќе се произведуваат, со чие пласирање на пазарот може да се оствари основната цел на производната мотивација, која се однесува на остварување на приходи и добивка, подигање на општествениот стандард и квалитетот на живеење.

Второто ниво опфаќа анализа на барањата на пазарот, маркетинг и прашања поврзани со планирање и управување на процесот на производство на потенцијалниот производ и негово позиционирање во производната програма.



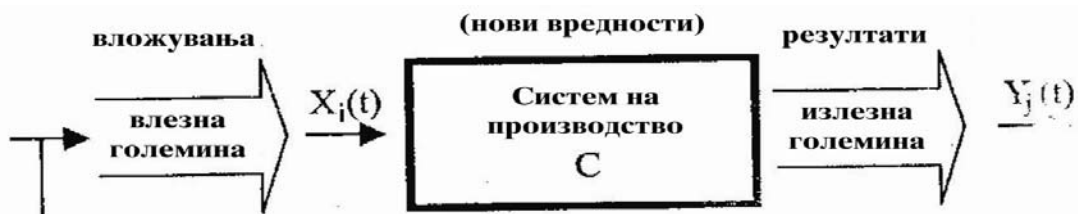
Слика 1.4 Информатички модел на работен систем

Третото ниво ги опфаќа техничките и технолошките дејности, кои се однесуваат на развој на производот, проектирање на конструктивна и технолошка документација, планирање и управување на производството со соодветни технолошки и обработувачки системи.

1.2.2. ПРОИЗВОДНИ СИСТЕМИ

Производниот систем опфаќа збир на технолошки системи и технички, информатички и енергетски структури (како текови на материјали, информации и енергија), кој обезбедува реализација на поставените цели постигнување на предвидените резултати.

Работата на производниот систем опфаќа активности неопходни за промена на влезните $X_i(t)$ во излезни величини $Y_j(t)$, притоа создавајќи нови вредности односно излезни резултати со додадена вредност.



Слика 1.5. Основен модел на производниот систем

1.2.3. ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ

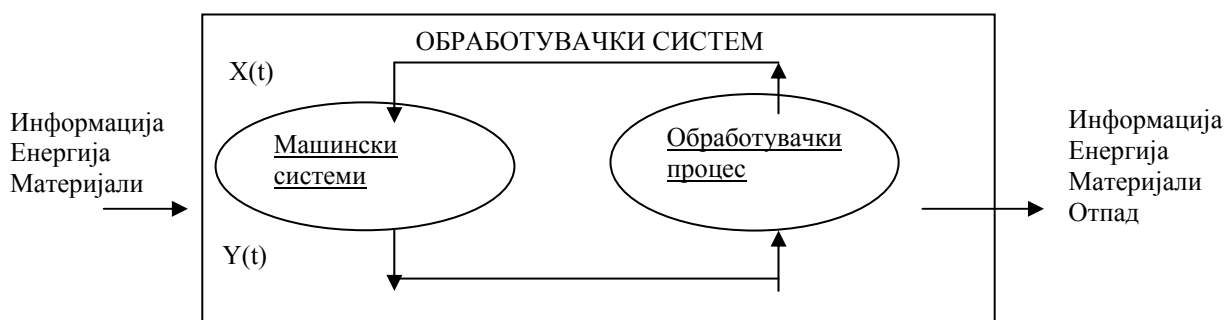
Технолошкиот систем е основен дел на производниот систем кој овозможува претворање на влезните во излезни величини со потребен облик и карактер.

Технолошкиот систем опфаќа: обработувачки системи, монтажни системи, системи за управување со материјалите, управување со залихите, управување со квалитетот, управување со алати и прибори, управување со одржувањето, складишни системи и управувачки системи.

1.2.4. ОБРАБОТУВАЧКИ СИСТЕМИ

Обработувачкиот систем, како дел од технолошкиот систем, го сочинуваат: машината, приборот, алатот, мерилата, обработувано парче и опслужувачот.

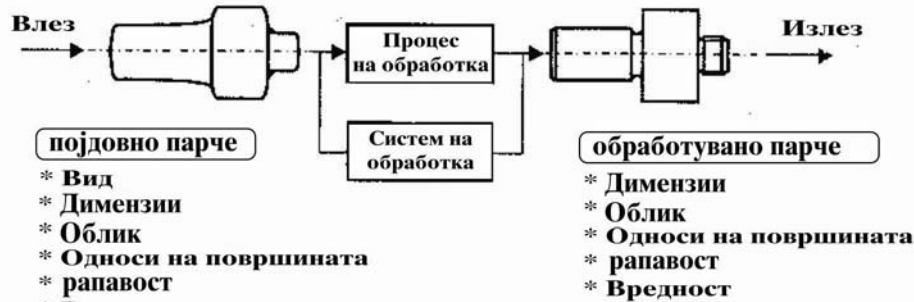
Основниот модел на обработувачкиот систем е прикажан на слика 2.3. Дефиниран е како збир на две множества, машински систем и обработувачки процес, кои се во меѓусебна врска преку збирот од влезни фактори $X(t)$ и излезни фактори $Y(t)$.



Слика 2.3 Основен модел на обработувачкиот систем

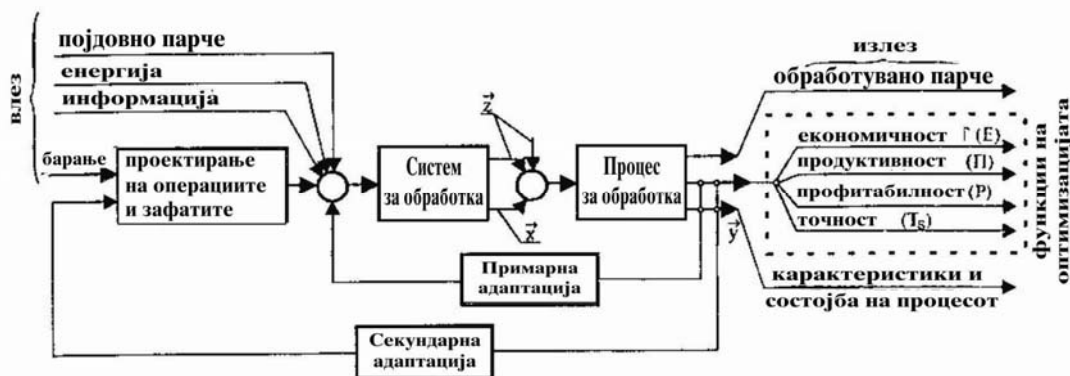
Во литературата најчесто се среќаваат два модели на обработувачкиот систем, геометрискиот модел, прикажан на сл.1.6 и информатички модел, прикажан на сл.1.7.

Во геометрискиот модел на обработувачкиот систем основниот дел од влезот на системот го сочинува сировото парче со своите геометриски и технолошки карактеристики (облик, димензии, материјал, рапавост на обработената површина итн.).



Слика 1.6 Геометриски модел на обработувачки систем

Во кибернетскиот модел на обработувачкиот систем, влезот го сочинува сировото парче, енергија, информација, како и проектираното решение на операциите и зафатите на обработка, а на излез е обработеното парче кое има додадена вредност во однос на влезот, како и бројни функции на обработувачкиот процес со чие следење и оптимирање се подобрува целиот систем.



Слика 1.7 Кибернетски модел на обработувачки систем

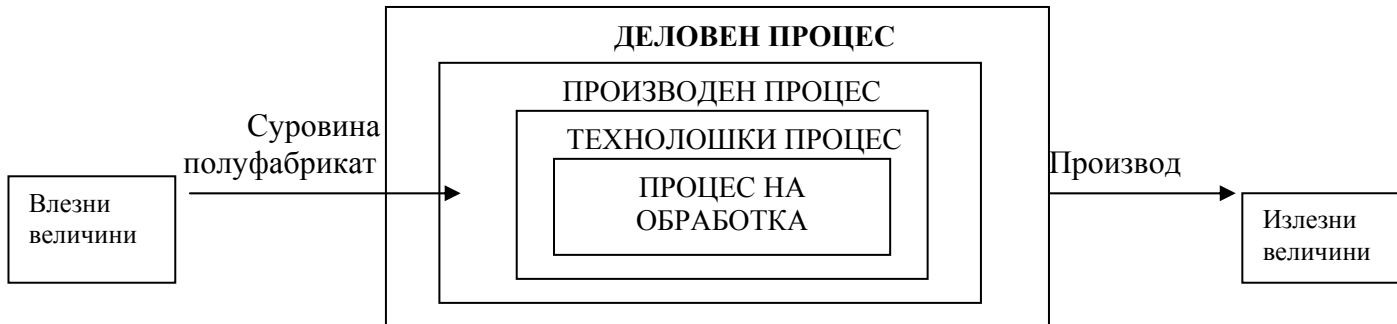
Структурата на обработувачкиот систем за производните технологии со режење, детално е прикажана во Глава 5.

1.3. ПРОЦЕСИ ВО ПРОИЗВОДНОТО ИНЖЕНЕРСТВО

Во структурата на индустриските системи на различни нивоа се одвиваат голем број различни видови работни процеси при трансформацијата на ресурсите во готови производи. Во таа смисла, според дефинираните системи во производното инженерство се распознаваат следните процеси (сл. 2.4):

- деловни процеси,
- производни процеси,
- технолошки процеси и
- процес на обработка.

Деловниот процес претставува збир од процеси на производни, економски и општествени подсистеми и елементи кои ја поврзуваат околината - пазарот со производните системи. Работниот процес се одвива во работни системи кои во зависност од карактерот на работните процеси добиваат називи: индустриски систем, претпријатие, компанија, акционерско друштво или холдинг.



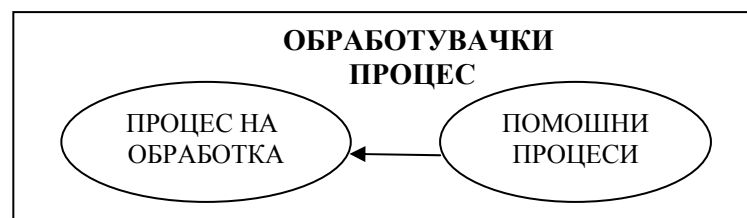
Слика 2.4. Структура на деловниот процес

Производниот процес претставува збир од работни процеси (процес на подготовка на работата, процес на транспорт, процес на складирање, процес на контрола, процес на одржување, процес на управување, процес на снабдување) кои, според проектираниот технолошки процес, го трансформираат материјалот (суровината, полуфабрикатот) во готов производ. Производните процеси се одвиваат во производните системи.

Технолошкиот процес претставува синтеза на изведување на сите операции на обработка на одреден производ и овозможува трансформација на суровиот материјал во готови делови. Технолошкиот процес на монтажа овозможува трансформација на деловите во подсклопови и склопови.

Обработувачки процес е врзан за одредена операција на обработка која се изведува на системот на обработка, составен од елементите: управување (човек или управувачка единица), работа (машина, предмет на обработка, алат), контрола (човек и алат за мерење или автоматска единица за мерење).

Процесот на обработка се одвива на системот на обработка, а се состои од процес на обработка и помошни процеси (Сл.2.5). Процесите на обработка вршат директна трансформација на суровото парче во готов дел, а во изведувањето на процесот на обработка вклучени се и **помошните процеси**. Процесот на обработка за производните технологии со режење детално е прикажан во Глава 5.



Слика 2.5. Основна поделба на процесот на обработка

1 4 Структура на производен систем

Производствените системи (Сл.1.10) ги обединуваат производствените технологии и менаџерските технологии со цел да реализираат одреден производ и/или услуга. Кога како излез од производствениот систем се јавува производ (автомобил, авион, мебел, играчки и сл.) тогаш станува збор за производствен систем што произведува производи (Manufacturing system), додека кога како излез се јавува услуга (филм, музика, слики, ТВ програма и сл.) тогаш станува збор за производствен систем за услуги (Service system).

Производствената технологија се занимава со протокот на материјалите (од суровините, па преку нивната трансформација во погоните, до готовиот производ, испорачан на купувачот). Менаџерската технологија (менаџментот) главно се занимава со протокот на информациите со цел ефективно да се управува со протокот на материјалите со негово планирање и управување.



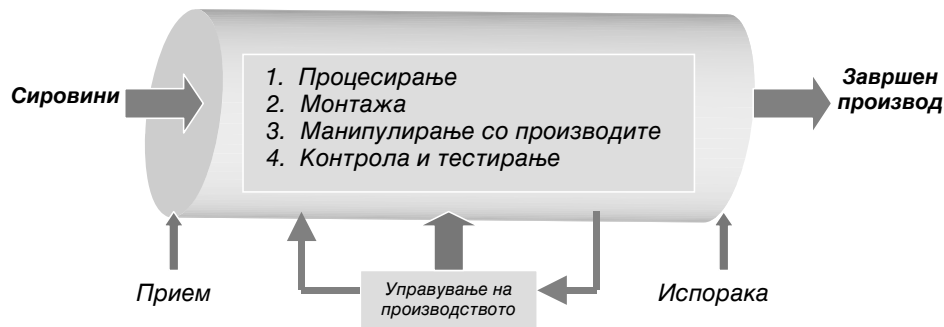
Сл 1 10 Модел на производствен систем

1 4 1 Функции во производството

Постојат одредени основни функции кои мораат да бидат присутни за да се претвори сировиот материјал во завршен производ. За компаниите кои произведуваат **дискретни производи**, може да се препознаат следниве функции:

- процесирање (обработка)
- монтажа
- манипулација со материјалите и складирање
- контрола на квалитетот и тестирање
- управување

Првите четири од овие функции се физички активности кои се вршат на производот. Обработката и монтажата се операции кои додаваат вредност на производот. Третата и четвртата функции се присутни во производството, но не додаваат вредност (сл.1.11).



Сл 1 11 Модел на фабриката кој ги покажува петте функции во производството

1 4 1 1 Процесирање (обработка)

Процесните операции го трансформираат производот од една состојба во друга, покомплексна, состојба. Во оваа трансформација, главно се додава енергија (механичка, топлинска, електрична, хемиска и сл.) потребна за промена на обликот, за отстранување на материјалот или за менување на физичките особини на делот. Овие операции можат да се класифицираат во следниве четири категории:

- основни процеси
- секундарни процеси
- операции за подобрување на физичките својства
- завршни операции

Основните процеси се оние кои му ја даваат на материјалот основната форма. Како пример може да се наведат лиењето на металите или инјектирањето на пластиката, каде, сировиот материјал се трансформира во основната геометрија на бараниот производ. Вообичаено, потребни се дополнителни обработки за да се добие завршната форма, димензии или особини на делот.

Секундарните процеси следуваат по основните и имаат за цел да му ја дадат на делот неговата завршна геометрија. Во оваа категорија на процеси спаѓаат: обработките со режење (со стружење, глодање, дупчење, брусене и сл.) или со пластична деформација (ковање, виткање, извлекување и др.).

Операциите за подобрување на физичките особини визуелно не даваат промена на геометријата на делот. Наместо тоа тие ги подобруваат неговите физички својства (тврдина, јакост и сл.). Термичката обработка е типичен пример на операција за подобрување на својствата на металите.

Завршните операции се завршниот процес кој се реализира врз делот. Нивната намена е, на пример, да се подобри изгледот или да обезбеди заштитен слој, отпорен на рѓосување, хемикалии и сл. Типични примери на оваа категорија операции се: полирање, бојадисување, хромирање и сл.

Производствениот процес додава вредност на сировиот материјал (процес на незавршено производство) со негова трансформација во некаква посакувана состојба. Процесот вообичаено се реализира со одредена опрема која ја претставува капиталната инвестиција на фирмата. При обработката дополнително се користат алати, помагала и калапи специјално проектирани за обработуваното парче. За реализација на процесот неопходна е енергија за работа на машините и другата опрема, при што најчесто се користи електричната енергија. При реализација на процесот, потребно е вклучување на работна рака со цел да се управува процесот,

да се обслужува машината, да се контролираат димензиите на обработуваното парче и сл.

Производствениот процес произведува два излеза:

- обработено парче
- отпадоци и губитоци

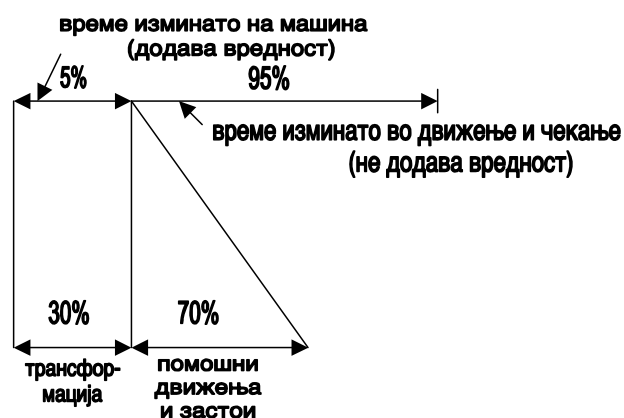
Бидејќи парчето поминува низ повеќе операции на обработка, само последната го оформува во бараната форма. Во останатите операции парчето се наоѓа во процес на незавршено производство. Како дополнителен процес кон основниот се јавуваат одредени отпадоци во производството и соодветни губитоци. Типични отпадоци се струшката, остатоци од лимови, пластика и сл. Губитоците се во трошење на алатите, триењето, загревањето и сл.

1.4.1.2. Монтажа

Монтажните и операциите за спојување го представуваат вториот главен дел од операциите во производството. При монтажата, два или повеќе дела се спојуваат во една целина. Тука се вклучени разни механички операции за спојување, во кои се користат завртки, навртки, чивии и сл., како и процеси за спојување, како што се заварувањето, лемењето и др. Во производството, монтажата следува после операциите на обработка.

1.4.1.3. Манипулирање со материјалите и нивно складирање

Покрај основните операции со кои се додава вредност, материјалите и производите мора да се преместуваат и складираат во текот на производствениот процес. Во повеќето производствени погони, материјалите и деловите поминуваат повеќе време во движење и складирање отколку во операции со кои им се додава вредност (сл. 1.11.).



Сл.1.11. Распоред на потрошеното време во типично сервиско производство

1.4.1.4. Контрола и тестирање

Контролата и тестирањето се сметаат како делови од менаџментот на квалитетот во организациите. Намената на контролата е да се провери дали делот или производот ги задоволува зададените стандарди или спецификација. На пример, со контролата се проверува дали стварните димензии на парчето се во толерантните граници покажани на цртежот на делот.

Тестирањето главно се однесува на проверката на функционалните карактеристики на завршениот производ, но може да се примени и на некои подсклопови. На пример, завршното тестирање на производот покажува дека тој работи на начин кој е специфициран од страна на неговиот проектант.

1.4.1.5. Управување

Управувачката функција во производството ги вклучува како управувањето на индивидуалните процеси на трансформација и монтажа, така и менаџмент активностите на ниво на погон и фирма во целина. Управувањето со процесите на ниво на машина вклучува постигнување соодветни цели со соодветно користење на влезовите во процесот.

Управувањето на ниво на фабрика вклучува ефективно користење на работната рака, одржувањето на опремата, движењето на материјалите и нивното складирање, навремена испораката на производи со баран квалитет, управување со трошоците со цел на нивна минимизација и сл.

Управувањето на производството на ниво на погон или организација, представува главната точка на пресек помеѓу физичките операции во организацијата и операциите на процесирање на информациите кои се јавуваат во производството.