

# MES - SISTEMĂ DE MANAGEMENT OPERATIV CU PROCESELE DE PRODUCERE

Sergiu ZAPOROJAN, Constantin PLOTNIC, Victor MORARU

*Technical University of Moldova*

*zaporojan\_s@yahoo.coml, pcpvir13@rambler.ru., vctr.moraru@mail.gmal.com*

*Abstract: Manufacturing Execution Systems (MES) sunt sisteme computerizate utilizate pentru managementul proceselor de producere. MES poate furniza informații potrivite la momentul potrivit și evidențiază factorii decizionali din procesul de fabricare (cum ar fi optimizarea condițiilor curente la nivelele de jos și intermediare, pentru a îmbunătăți calitatea produselor finale). MES funcționează în timp real, ceea ce permite controlul cu majoritatea elementelor din procesul de producție (de exemplu cu stocul resurselor la intrare, cu personalul, cu utilaje și diferite servicii auxiliare). MES poate opera în mai multe zone funcționale, de exemplu: managementul definitivării proceselor, cu ciclul de viață al produsului (product life-cycle), repartizarea resurselor, controlul cu ordinea și executarea operațiilor de fabricare, analiza produsului finit, controlul cu eficacitatea echipamentelor. MES poate fi privit ca un sistem intermediar între Enterprise Resource Planning (ERP) și Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), deși istoric, limitele exacte de interacțiune au fluctuat.*

**Cuvinte cheie: Managementul întreprinderii, MES, ERP, MRP, MOM, eficiență.**

## I. ÎNTRUDUCERE

Schimbările rapide ale cererilor de piață și presiunile de competiție necesită ca producătorii să mențină sistemele de fabricație la un nivel foarte flexibil pentru a face față unui mediu de fabricație complex. În perioada de incertitudini și instabilitate economică pe care o traversăm în momentul actual, eficientizarea activității întreprinderilor reprezintă unul dintre mijloacele de protejare a afacerii acesteia. În această ordine de idei se consideră că numai prin restructurarea sistemului de management, a subsistemelor sale și a modului de operaționalizare a funcțiilor managementului se poate obține eficientizarea activității unei întreprinderi.

În acest proces, de cele mai multe ori se impune, ori ca întreprinderile să-și modernizeze aplicațiile mai puțin eficiente, sau chiar să le înlocuiască cu altele mai performante, care să asigure fundamentarea eficientă în timp real a deciziilor și deci a procesului de conducere. În momentul actual, se consideră că implementarea unor sisteme integrate de tip ERP sau MES, este în măsură să contribuie la eficientizarea activității întreprinderilor. Prin realizarea unor astfel de sisteme se oferă întreprinderii posibilitatea de a-și integra în cadrul noului sistem informatic a aplicațiilor existente, alături de noile aplicații specifice domeniului în care își desfășoară activitatea întreprinderea respectivă.

## II. EVOLUȚIA SISTEMELOR DE MANAGEMENT AL PROCESELOR DE PRODUCERE

Primele sisteme de Management al Întreprinderilor au apărut la începutul anilor 60 ai secolului trecut, iar acestea sunt cunoscute sub acronimul MRP (Material Requirements Planning/Planificarea Necesităților Materiale ale organizației).

Aceste sisteme puneau un accent deosebit pe planificarea aprovizionării cu materii prime și materiale necesare procesului de producție și pe controlul stocurilor (de materii prime, de semifabricate, de producție neterminată, de produse finite, etc.). Conceptul este utilizat frecvent și în prezent, în general pentru gestiunea programelor de producție, etapizate pe diferite perioade: decade, luni, trimestre, ani, etc.

Sistemele MRP au cunoscut succesul deplin după zece ani de la apariție (în perioada 1970-1980), când tot mai multe firme beneficiare ale unui sistem MRP și-au îmbunătățit procesele de producție și au pus în fața informaticienilor cerințe de extindere a aplicabilității MRP și la alte procese legate direct de producție, cum ar fi: „aprovizionarea”, „managementul producției”, „contabilitate”, „marketing-vânzări”. Așa a apărut conceptul MRP II (Manufacturing Resource Planning/Planificarea Resurselor de Fabricație), ca o suită de programe ce permiteau valorificarea informației, la nivelul tuturor structurilor funcționale ale căror procese erau legate, într-un fel sau altul, cu cel al fabricației propriu-zise.

MRP II a devenit astfel un sistem mai complex din punct de vedere al modulelor componente, făcând, totodată trecerea de la un simplu sistem de conducere a stocurilor, la un sistem de conducere a producției, care încorporează în interiorul său un MRP clasic.

Sistemele APS (Advanced Planning Systems) sunt o altă variantă a sistemelor MRP II, care includ, în plus, funcționalități/abilități de optimizare a programului de fabricație.

Programele software adăugate unui MRP II pentru a-l transforma în APS sunt capabile să ajusteze/revizuiască planurile de producție, funcție de anumite constrângeri, cum ar fi forța de muncă, echipamentele disponibile etc. Astfel de corecții se realizează prin funcții de simulare a schimbărilor și ele sunt destinate, în principal, companiilor cu un număr mare de oferte care trebuie executate într-un interval scurt de timp și cu o secvență strictă a operațiilor.

Primele produse/sisteme ERP (Enterprise Resource Planning ) au apărut pe piață după 1990, fiind vândute ca o soluție pentru eliminarea problemelor apărute în practică cu implementarea sistemelor MRP. În practică, s-a dovedit, însă, că sistemele ERP valorifică integral toate facilitățile oferite de sistemele MRP II, cărora le-au fost aduse îmbunătățiri și facilități suplimentare, care variază de la un sistem la altul.

Sistemele ERP (Enterprise Resource Planning) sunt, în fapt, sisteme informatice complexe, bazate pe arhitectura client/server, cu o serie de module integrate, concepute pentru prelucrarea tranzacțiilor și facilitarea integrării tuturor proceselor unei întreprinderi, din faza planificării proceselor, dezvoltării producției, până la relațiile cu furnizorii, clienții sau partenerii de business.

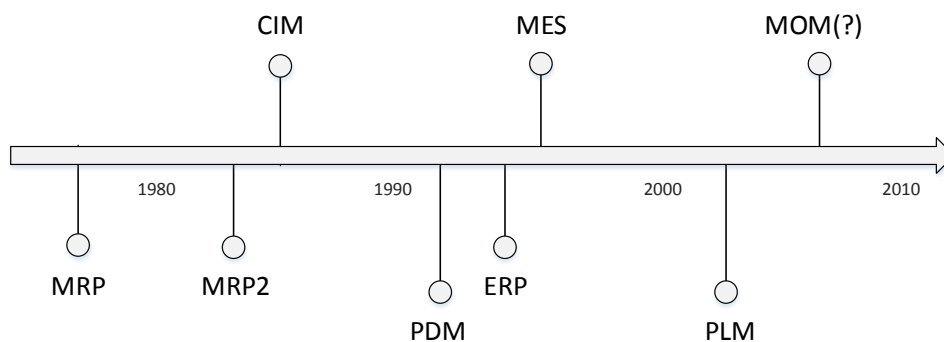
Există aprecieri unanime care susțin faptul că sistemul informațional oferit de sistemele ERP asigură interdependențele dintre procesele economice și tehnologia informației. Este și motivul pentru care proiectele ERP asociază de cele mai multe ori modificări organizaționale importante la nivelul proceselor unei organizații, în sensul îmbunătățirii modului de desfășurare a acestora (în literatura de specialitate este consacrat criptonimul BPR - Business Process Reengineering, adică Reproiectarea Proceselor Economice). În jurul anilor 2007 și 2010 au fost niște încercări de a introduce ERP 2.0, dar ele au eșuat.

Astăzi, sistemele ERP(Enterprise Resource Planning) fac un nou pas în dezvoltarea lor prin utilizarea internetului pentru eficientizarea funcționalităților. Clienții de la mii de kilometri distanță pot avea acces la controlul propriei comenzi sau la stocurile companiei furnizoare prin integrarea facilităților de Management al Întreprinderilor cu aplicațiile WEB.

Termenul MES (Manufacturing Execution System) a fost introdus la începutul anilor 90 de către AMR Research cu scopul de a fi succesorul termenului CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Cronologia terminologică prezintă introducerea acronimelor în procesul de dezvoltare al sistemelor de Management al Întreprinderilor.

Din diagramă(fig. 1) putem observa, că aproximativ în fiecare 10-12 ani industria software introduce un termen nou. Acești noi termeni deseori semnaleză o evoluție în funcție sau o aparență a unei clase software. Terminii dați au fost folosiți ca o modalitate de către industria software de a defini "progresul" tehnologic .



**Fig. 1.** Evoluția sistemelor de Management al întreprinderilor

De exemplu, PLM (Product Lifecycle Management), a fost introdus în 1995 ca o viziune evolutivă față de PDM (Product Data Management). Sau sistemul MES, din anii 90 până în prezent a evoluționat în MES 11, c-MES și MOM. Sistemul MOM în unele lucrări este tratat ca analogul sistemului MES, în altele ca succesorul lui.

### III. SISTEMUL DE MANAGEMENT PRODUCERE - EXECUȚIE MES

**Definiție**(după MESA - *Manufacturing Enterprise Solutions Association*): Sistemul controlului operativ cu procesul de producție MES este o sistemă informațională dinamică, care asigură executarea efectivă a operațiilor din procesul de producție. Folosind date actuale și exacte MES inițiază, gestionează și documentează activitatea întreprinderii în corespundere cu evenimentele curente adică în timp real.

Funcțiile oferite de MES sunt bine venite pentru: reducerea activităților manuale în procesul de planificare reactivă, activează ca intermediar între ERP și sistemele automatizate SCADA. Oferă posibilități pentru: controlul și optimizarea procesului de producție, controlul calității, generare de rapoarte.

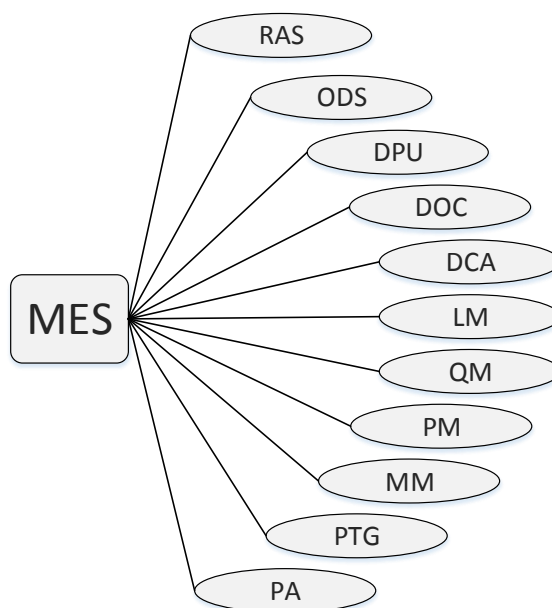
*MES creează procese de fabricare fără erori, oferă feedback în timp real al cerințelor modificate și furnizează informația către o singură sursă.*

De-a lungul anilor, în dezvoltarea continuă a sistemelor MES sau conturat mai multe standarde și modele internaționale, care pe parcursul anilor 90 a generat suprapuneri în funcționalitatea acestora. De aceea asociația internațională MESA (Manufacturing Execution Systems Association) introduce un model definit pe unsprezece funcții, care stabilesc domeniul de aplicare a sistemelor MES (fig. 2):

1. RAS (Resource Allocation and Status) - Monitorizează starea și controlează alocarea resurselor: echipamente din proces, materiale, personal, instruirea personalului, precum și alte obiecte, cum ar fi documentele care trebuie să fie disponibile pentru începerea procesului. Oferă istoria detaliată de circulație a resurselor și garantează că echipamentul corespunzător este pregătit pentru procesul de fabricație. Monitorizarea este realizată în timp real. Managementul resurselor implică rezervarea și distribuirea lor în vederea atingerii obiectivelor de planificare operațională.
2. ODS (Operations/Detail Scheduling) - Planificarea detaliată și operațională. Oferă sarcini de producție flexibile, bazate pe priorități, atribute și caracteristici ale operațiilor de producere, pune la dispoziție rețete asociate cu produsele specifice, cum ar fi forma, culoarea, consistența și alte operațiuni din tehnologia de producere. Obiectivul final fiind, dezvoltarea unui program de producție cu resurse de bază minime și funcționarea în paralel al unităților de producere pentru a reduce sinecostul produsului finit.
3. DPU (Dispatching Production Units) - Dispecerizarea (repartizarea) unităților de producere. Repartizează fluxul unităților de producere în formă de locuri de muncă, oferte, loturi parțiale de oferte. Informația de control este prezentată în ordine în care lucrările urmează să fie efectuate, și modificate în timp real, ca evenimente care apar la nivelul inferior. Acest lucru permite posibilitatea de a schimba programul specificat la echipamentele de producere, includere unor funcții pentru eliminarea și reciclarea deșeurilor, are capacitatea de a controla costurile forțelor de muncă pentru fiecare moment al procesului.
4. DOC (Document Control) - Managementul documentelor. Controlează conținutul și fluxul de documente care trebuie să însoțească produsul fabricat, inclusiv instrucțiuni și standarde de lucru, metodele de execuție, desene tehnice, descrierea procedurilor și operațiilor standard, înregistrări despre îndeplinirea programului de producție, rapoarte despre modificări de natură tehnică, transferul de informații și, de asemenea, oferă posibilități pentru planificare și raportarea documentară. Include, de asemenea, instrucțiuni de siguranță, de control al protecției mediului, conform standardelor internaționale.
5. DCA (Data Collection/Acquisition) - Colectare și achiziția datelor. Controlează cu interacțiunea subsistemelor informaționale, în scopul de a obține, stocarea, transferul și gestionarea datelor care circulă în mediul de producere a întreprinderii, funcția principală fiind, asigurarea interfeței pentru recepționarea datelor și parametrilor pentru operațiile tehnologice, care sunt utilizate în formele și documentele directate spre unitățile de ieșire. Datele de la nivelul 0, pot fi obținute, fie manual, fie automat sau prin intermediul echipamentului specializat, în momentul solicitat.
6. LM (Labor Management) LM - Managementul Resurselor Umane. Oferă informații cu privire la statutul personalului și întreține managementul cu aceste resurse în timp real. Include raportarea cu privire la prezența lucrătorilor în proces, certificarea lor, evidența timpului de lucru, planificarea de activități non-productive, cum ar fi întreținerea instrumentelor de lucru. Informația obținută servește ca o bază pentru activitățile de contabilitate.
7. QM (Quality Management) QM - Managementul calității. Oferă o analiză, în timp real, al valorilor obținute prin măsurări în momentul procesului de producere pentru a asigura un control adecvat al calității și de a identifica problemele care necesită intervenție de personal. Această funcție generează recomandări pentru abordarea problemelor apărute, prin analiza simptomelor identifică cauzele care implică acest rebut, determină acțiunilor de personal și analizează rezultatele acestor acțiuni. De asemenea, poate urmări, performanța procedurilor statistice al procesului de control al calității, precum și de a controla executarea testelor de laborator a parametrilor pentru produs. În această parte a sistemelor MES sunt adăugate facilități de management al informațiilor de laborator (LIMS).
8. PM (Process Management) - Managementul proceselor de producție. Monitorizează procesul de producție și ajustează fie în mod automat sau pune la dispoziția operatorului un support de luare a deciziilor pentru a efectua acțiuni corective și îmbunătățiri în activitatea de producție. Această

activitate poate fi atât intraoperațională și vizează și gestionează doar echipamentele unei singure operații, precum și interoperațională, urmărirea procesului de trecere de la o operație la alta. PM include un sistem de alarma pentru a oferi o notificări garantate al schimbărilor din procesul de fabricare destinate personalului. PM oferă interacțiunea între echipamentele inteligente și MES, datorită funcțiilor de colectare și stocare al datelor respective.

9. MM (Maintenance Management) - Managementul de întreținere și reparații . Monitorizează și gestionează întreținerea în performanță a echipamentelor și instrumentelor. Oferă planificarea pentru întreținere preventivă și repararea periodic a lor. Colectează și păstrează o istorie fiecare echipament și instrument (defecțiuni, degradare de performanță, etc.) pentru utilizare în diagnosticarea și prevenirea oricărui probleme posibile.
10. PTG ( Product Tracking and Genealogy) - Urmărirea și genealogia produselor. Oferă posibilitatea de a obține informații de stare cu privire la statutul și locația de ordine al ofertei la un moment dat. Informația de stare pot include date despre cine efectuează sarcina, componentele incluse, materiale și furnizorii lor, numărul de lot, numărul de serie, condițiile de producție curente, precum și semnalelor de alarmă pentru orice reprocesare a produselor. Funcția de urmărire în timp real, creează, de asemenea, un record de arhivă. Această intrare asigură trasabilitatea componentelor și utilizarea lor în produsul final.
11. PA (Performance Analysis) - Analiza performanței. Oferă generarea de rapoarte cu privire la rezultatele reale ale activității de producere, compararea lor cu datele istorice și rezultatele așteptate în afaceri. Rezultatele activității de producere includ așa factori precum utilizarea resurselor, disponibilitatea resurselor, timpul ciclului pentru o unitate de produs, corespunderea planul peconizat și conformitatea cu standardele de performanță. Pot include procese și statistice (SPC / SQC) de control al calității. Sistematizează informația de măsurare a parametrilor de la diferite funcțiiimplicate în proces. Aceste rezultate pot fi preparate sub forma unui raport prezentat în timp real cu privire la evaluarea curentă a indicatorilor de performanță.

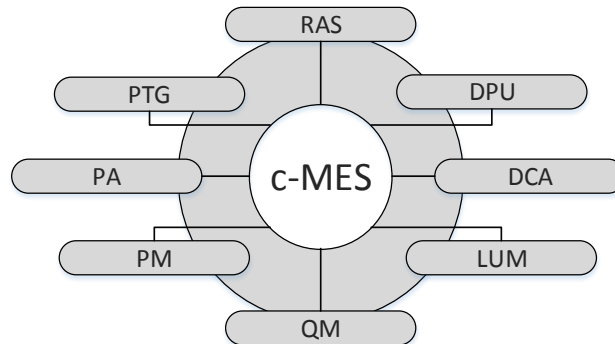


**Fig. 2.** Funcțiile sistemului MES-11.

Începând cu anul 2004, funcțiile legate de Planificarea detaliată și operațională (ODS) și Managementul de întreținere și reparații (MM), precum și Managementul documentelor (DOC) - funcții cerute în industriile discrete - au fost excluse din modelul de bază MESA-11 și a fost elaborat un sistem nou de execuție. Modelul de colaborare de fabricație (c-MES Collaborative Manufacturing Execution System), sa datorat faptului, că în managementul procesului de fabricație și a sistemului de aprovizionare, apare schimbul securizat de informații între mai multe sisteme de producere care este mult mai mult decât schimbul între nivelele aceluiaș sistem. În generația anterioară MES era concentrat pe furnizarea de informații pentru utilizatorii de personalul de exploatare locală, cum ar fi manageri, operatori sau manageri. Pentru schimbul de informații cu un alt model a fost dezvoltat de c-MES(Collaborative Manufacturing Execution System) (fig. 3):

1. RAS ( Resource Allocation and Status) - Monitorizare de stare și alocarea de resurse.
2. DPU (Dispatching Production Units ) - Coordonarea produselor de fabricație.

3. DCA ( Data Collection/Acquisition) - Achiziția și stocarea datelor.
4. LUM ( Labor/User Management) - Managementul Resurselor Umane.
5. QM ( Quality Management) - Managementul calității.
6. PM ( Process Management) - Controlul cu procesele de producție.
7. PTG ( Product Trecking & Genealogy) - Genealogia și urmărirea fabricatelor.
8. PA ( Performance Analysis) - Analiza eficienței.



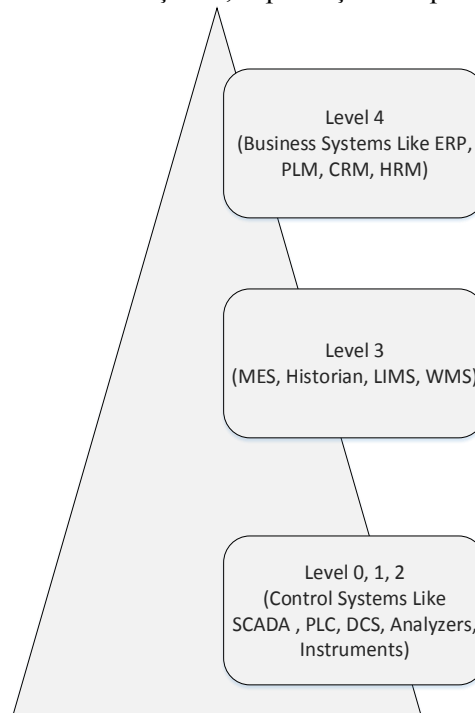
**Fig. 3.** Funcțiile sistemului c-MES.

c-MES oferă posibilitatea de a obține o imagine completă a ceea ce se întâmplă, pentru luarea deciziilor la nivel de companii.

În structura ierarhică a unui sistem informatic industrial MES este plasat la nivelul trei(fig. 4.).

Ansamblul de sisteme care acționează la nivelul 3 conform sistemului ISA-95 poate fi numit Sistem de Administrare a Operațiilor de Fabricare (MOMS). La acest nivel, înafară de MES, sunt plasate de obicei și Sistemul de Administrare a Informației din Laborator (LIMS), Sistemul de Administrare a Depozitelor (WMS) și Sistemul de Administrare Computerizat de Întreținere (CMMS). Din punct de vedere al sistemului MES sunt posibile următoarele fluxuri de informație(fig.4):

- to LIMS: cereri de testare a calității, o mulțime de probe, procesul de statistică a datelor.
- from LIMS: rezultatele testelor de calitate, certificate de produs.
- to WMS: cereri de resurse materiale, definiții materiale, livrări de produse.
- from WMS: disponibilitatea materialelor, mulțime de materiale puse în scenă, transportarea de produse.
- to CMMS: misiuni de echipamente, cereri de întreținere a echipamentelor.
- from CMMS: date despre procesul de întreținere, capacitățile echipamentelor.



**Fig. 4.** Ahitectura unui sistem informatic industrial.

Exemple de sisteme care acționează pe nivelul patru sunt Product Lifecycle Management (PLM), Enterprise Resource Planning (ERP), Customer Relationship Management(CRM), Managementul Resurselor

Umane (MRU), Procesul de dezvoltare a sistemului de executare (PDE). Din punct de vedere al sistemelor MES sunt posibile următoarele fluxuri de informații:

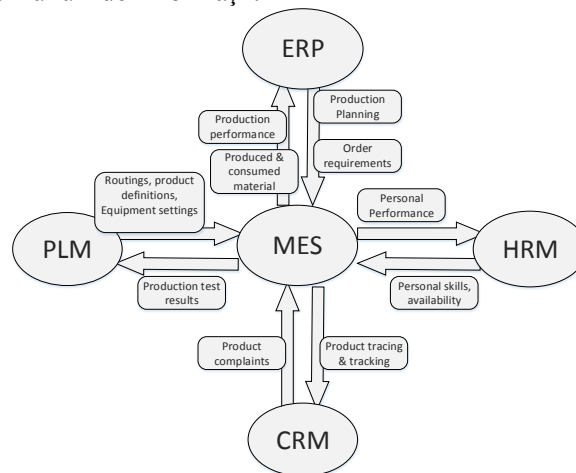


Fig. 5. Relația MES cu sistemele din nivelul 4.

- to LM: rezultatele testelor de producție.
- from PLM: definiții produs, proiectul de lege a operațiunilor (rute), instrucțiuni de lucru electronice, setările de echipamente.
- to ERP: rezultate de performanță a procesului de producție, consum de materiale și produse finale.
- from ERP: planificarea producției, cerințele de ordine.
- to CRM: Informații de urmărire a produselor finale.
- from CRM: rebut de produse.
- to HRM: performanță de personal.
- from HRM: abilități de personal, disponibilitatea personalului.
- to PDES: teste de producție și rezultate de execuție.
- from PDES: definiții flux de fabricație, Design de experimente (DoE) definiții.

În multe cazuri, Middleware Enterprise Application Integration sisteme (EAI) sunt utilizate pentru schimbul de mesaje de tranzacții între MES și de nivel 4 sisteme. O definiție de date comună, B2MML, a fost definit în cadrul ISA-95 standard de a lega sistemele MES la aceste sisteme de nivel 4.

### Relația MES cu sistemele de nivel 0, 1, 2

Sisteme care acționează pe ISA-95 Nivelul 2 sunt control de supervizare și achiziție de date (SCADA), Programmable Logic Controllers (PLC), Sisteme distribuite de control (DCS) și lot Sisteme de automatizare. Fluxurile de informații între MES și aceste sisteme de control al procesului sunt aproximativ similare (fig. 6):

- to PLC-uri: instrucțiuni de lucru, rețete, puncte de control.
- from PLC-uri: valori despre starea procesului, semnale de alarmă, puncte de control personalizate, date cu rezultatul procesului de producție

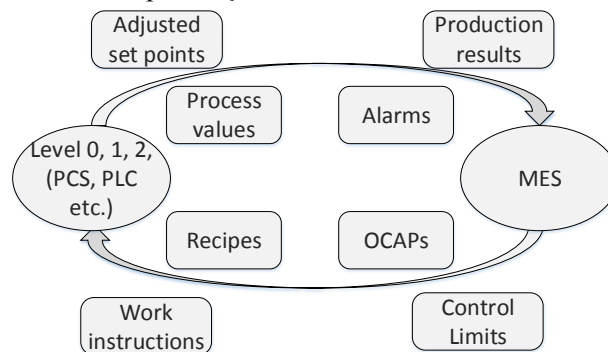


Fig. 6. Relația MES cu sistemele de nivelele 0, 1, 2.

Cele mai multe sisteme MES includ conectivitatea, ca partea proceselor de producție. Comunicare directă cu echipamentele de la nivelul zero este stabilită prin conectarea la automatele programabile (PLC). De multe ori, datele de la acest nivel sunt colectate primele, diagnosticate și controlate în timp real, de către un sistem de control distribuit (DCS) sau de achiziție de date (Supervisory Control și SCADA sistem).

Sistemele MES sunt răspândite în Japonia, SUA, cât și în țările dezvoltate din occidenr. În utinmii ani ia amploare răspîndirea lor în țările Europei de Vest, inclusiv România. Cu regret Republica Moldova printre aceste țări nu figurează.

#### IV. CONCLUZII

MES controlează liniile de producție și furnizează informații referitoare la evenimentele la nivel de întreprindere. Ordinele trimise de sistemul ERP sunt transformate în puncte de referință pentru controlul automatizării. MES generează rapoarte cu privire la datele din procesul de producție permițând dezvoltarea lor continuă. MES permite obținerea unor îmbunătățiri semnificative ale procesului de monitorizare a calității precum și reducerea cantității de documente și foi de calcul necesare.

Beneficiile cheie ale unei companii care utilizează MES sunt: îmbunătățirea serviciilor oferite clienților finali, reducerea costurilor de producție, îmbunătățirea calității produselor, reducerea capitalului investit, un ciclu redus de conversie a resurselor, avantaje competitive, reducerea timpilor de producție, reducerea operațiilor de rutină și a numărului de greșeli, reducerea timpilor de răspundere, ridicarea eficienței energetice, îmbunătățirea previzibilității proceselor, îmbunătățirea eficienței procesului de producție.

#### BIBLIOGRAFIE

1. Fotache, D., Hurbean, L. – Soluții informatice integrate pentru gestiunea afacerilor – ERP, Editura Economică, București, 2004.
2. Michael McClellan., Introduction to manufacturing execution system., MES Conference &Exposition.,june 4-5, Baltimore, Maryland.
3. Загидуллин Р.Р., Фролов Е.Б. Управление Машиностроительным производством с помощью MES-систем, М.: «СТИН», 11, 2007.