



INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE - DEZVOLTARE
PENTRU INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA București

H.G. 1282/2004
Patrimoniu: 381108 lei
Registrul Comerțului
J40/3800/2001
Cod Fiscal
RO 13827850

Conturi bancare
RO52RNCB0072029424610001
BCR SMB

RO24TREZ7005069XXX002740
Trezorerie M.B

Email: office@icpe-ca.ro
www.icpe-ca.ro
Tel: +4021.346.7231
+4021.346.8297
Fax: +4021.346.8299
Splaiul Unirii nr. 313, sector 3
București, 030138, România



APROBAT,

Director General,
Dr. ing. Sergiu Nicolaie

Responsabil proiect,
Dr. ing. Georgiana Marin

Nr. contract de finanțare: 260/ 16.06.2020

Axa prioritară 1 - Cercetare, dezvoltare tehnologica si inovare (CDI) în sprijinul competitivității economice și dezvoltării afacerilor

Ațiunea 1.2.1 Stimularea cererii întreprinderilor pentru inovare prin proiecte de CDI derulate de întreprinderi individual sau în parteneriat cu institutele de CD și universități, în scopul inovării de procese și de produse în sectoarele economice care prezintă potențial de creștere

Titlul proiectului: Instalație inovatoare pentru cimentare și operațiuni speciale la sondă destinată eficientizării extragerii resurselor energetice convenționale - INOCEM

ID: -

MySMIS: 120032

RAPORT INTERMEDIAR 7

Perioada 01 decembrie 2021 –28 februarie 2022

Activitate: A1. Activități de Cercetare Industrială

A1.3 Realizare subsansambluri actionare electrica, antrenare mecanica si componente de uzura pompa

Partener ICPE CA București

A. OBIECTIVELE PROIECTULUI	2
B. OBIECTIVELE ACTIVITĂȚII RAPORTATE	2
C. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE	3
D. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ	4

A. OBIECTIVELE PROIECTULUI

Obiectivul general al proiectului constă în realizarea unui produs inovativ complex, destinat exploatării eficiente a resurselor energetice convenționale, având caracteristici funcționale semnificativ îmbunătățite prin schimbări esențiale ale specificațiilor tehnice și ale componentelor și materialelor și printr-un proces inovativ de realizare.

Integrată domeniului de specializare inteligentă *ENERGIE, MEDIU ȘI SCHIMBĂRI CLIMATICE*, subdomeniul 3.1. *Energie*, respectiv 3.1.2. *Resurse energetice convenționale, neconvenționale și regenerabile*, instalația propusă spre realizare este destinată operației de cimentare și altor operațiuni speciale la sondele de petrol și gaze naturale, în scopul exploatării superioare a resurselor convenționale de energie, cu păstrarea mediului ambiant și care va contribui la creșterea calității și la diversificarea ofertei de produse moderne a liderului de proiect pe piața echipamentelor complexe destinate extracției de resurse de petrol și gaze.

Obiectivele specifice ale proiectului sunt:

1. Obținerea prin cercetare industrială de metode inovative pentru echipamentul de cimentare și operații speciale la sonde și stabilirea specificațiilor pentru subansambluri și echipamente;
2. Realizarea și testarea subansamblurilor inovative privind acționarea electrică în curent alternativ, antrenarea mecanică și componente de uzură ale pompelor;
3. Realizarea, pe baza documentației tehnice întocmite, a echipamentului pilot utilizabil comercial și testarea în medii reprezentative;
4. Investiții în vederea introducerii în producție a rezultatelor CD, prin achiziții de active corporale și necorporale;
5. Pregătirea fluxului de fabricație și a documentației de punere în fabricație;
6. Crearea a 4 noi locuri de muncă pe durata implementării proiectului, dintre care 2 femei.

B. OBIECTIVELE ACTIVITĂȚII RAPORTATE

Subactivitatea A1.3 Realizare subansambluri acționare electrică, antrenare mecanică și componente de uzură pompă

În cadrul acestei subactivități se continuă realizarea subansamblurilor care au fost proiectate anterior. Pe baza proiectelor pentru fiecare componentă și subansambluri, se realizează componentele pompei triplex propusă ca soluție inovativă. Toate elementele pompei sunt proiectate pentru a realiza funcțiile de creare a presiunii înalte necesare operațiilor de

cimentare și a celor speciale la sonde, cu asigurarea preparării și pomparii pastei de ciment, pomparea fluidelor de separare și a noroiului de refulare la operațiile de fisurare.

Colectivul de cercetare al partenerului INCDIE ICPE-CA participă la această activitate prin acordarea de asistență tehnică la realizarea elementelor de antrenare mecanică și a componentelor de uzură ale pompei, pentru realizarea corectă a proiectelor pentru obținerea componentelor la parametrii doriti.

C. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE

Obiectivul principal al proiectului este realizarea unei instalații complexe destinate operației de cimentare și altor operațiuni speciale la sondele de petrol și gaze.

Este prevăzut ca produsul să încorporeze elemente inovative pentru antrenarea mecanică și componentele de uzură ale pompei.

În etapa **A1.2. Proiectare subansambluri acționare electrică, antrenare mecanică și componente de uzură pompa**, echipa de lucru din cadrul INCDIE ICPE_CA a realizat proiecte și desene de execuție pentru fiecare componentă mecanică a pompelor triplex, inclusiv reprezentări 3D.

Activitatea **A1.3 Realizare subansambluri acționare electrică, antrenare mecanică și componente de uzură pompă** constă în asistență tehnică din partea echipei de lucru a INCDIE ICPE-CA pentru conducătorul de proiect, SC PETAL SA Husi, în vederea introducerii în fabricație a unor reperi.

În această perioadă de raportare, activitatea de asistență tehnică la realizarea de subansambluri ale pompei triplex cu plungere a avut două obiective principale:

1. Intocmire Carte Tehnica Pompa Triplex cu Plungere
2. Realizare de fișe tehnologice pentru introducerea în fabricație a unor reperi ale pompei triplex cu plungere

Cartea tehnică a Pompei Triplex cu Plungere este prezentată în **Anexa 1**

Fișele tehnologice ale unor reperi din componența Pompei triplex sunt prezentate în **Anexa 2**.

D. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

Acest Raport intermediar prezintă activitatea desfășurată de echipa de lucru din cadrul ICPE-CA în cadrul Subactivității A.1.3 - **Realizare subansambluri acționare electrică, antrenare mecanică și componente de uzură pompa** în perioada 1.12.2021 – 28.02.2022.

Scurta prezentare a acțiunilor întreprinse până în prezent în cadrul activității A1.3

În cadrul activității A 1.3, Petal a pregătit introducerea în fabricație a subansamblurilor mecanice Angrenaj mecanism motor, Carcasa angrenaj și Frema, aferente Pompei Triplex cu Plungere.

În acest context, a solicitat echipei partener INCDIE ICPE-CA - IPCUP să întocmească Fișe tehnologice pentru reperele fiecărui subansamblu.

De asemenea PETAL a solicitat sa se intocmeasca Cartea Tehnica pentru Pompa triplex cu plungere, urmand ca dupa achizitia motorului sa se finalizeze Cartea tehnica pentru intregul echipament destinat operației de cimentare și altor operațiuni speciale la sondele de petrol si gaze.

Se face precizarea ca PETAL nu a finalizat inca achizitia motorului electric.

In cadrul activitatii A 1.3, INCDIE ICPE-CA a efectuat urmatoarele operatii:

In perioada de raportare incheiata la 31.08.2021, au fost finalizate specificatiile tehnice pentru pachetul de etansare, tratamentul termic al plungerului și supapă și au fost initiate discuții cu diferite firme pentru a stabili un portofoliu de firme care ar putea realiza anumite componente la parametrii specificați. Au fost transmise e-mailuri după cum urmează:

- SC Etanșări GRAFEX SRL Ploiești, pentru Pachetul de etanșare a părții hidraulice
- SC Plasma Jet SRL Măgurele, jud. Ilfov, pentru aplicarea procedurii HVOF în cazul plungerului și scaunului supapei pompei triplex
- Bodycote Brașov, pentru aplicarea procedurii HVOF în cazul plungerului și scaunului supapei pompei triplex
- Triangle Pump Components, SUA, pentru un model de supapă identificat în cadrul studiului ca îndeplinind cerințele de funcționare ale agregatului de cimentare.

La solicitarea PETAL SA, a fost intocmita și o listă orientativă cu materialele necesare și prețurile estimative ale acestora. Toate datele furnizate s-au bazat pe informatii obtinute de la firmele cu potential de a realiza cerintele Specificatiilor tehnice. Aceste liste de materiale au fost întocmite pe baza desenelor de execuție realizate în cadrul activității de proiectare A1.2 finalizată la 16.06.2021.

In perioada anterioara de raportare incheiata la 30.11.2021, echipa de lucru a INCDIE ICPE-CA a elaborat documentatiile tehnice pentru componentele „ Ungere mecansim motor” si „Sistem de ungere plungere”, in baza experientei similare, a normativelor existente in arhiva proprie si in baza cerintelor standardelor in vigoare, respectand cerintele de functionare si performanta ale pompei. Aceste documentatii au fost realizate la solicitarea PETAL SA, care a identificat necesitatea adaptarii documentatiei pentru sistemul de ungere a mecanismului motor si sistemul de ungere la plungere/presetupe la solutia constructiva a pompei care va echipa echipamentul propus spre asimilare.

In aceasta perioada de raportare, activitatea de asistenta tehnica la realizarea de subansambluri ale pompei triplex cu plungere a avut doua obiective principale:

1. Intocmire Carte Tehnica Pompa Triplex cu Plungere

Cartea Tehnica a Pompei Triplex cu Plungere tip PET70 este structurata dupa cum urmeaza:

- Cap. I CARACTERISTICI TEHNICE
- Cap. II. DESCRIERE
- Cap. III INSTRUCIUNI DE FUNCTIONARE
- Cap. IV OPERATII DE INTRETINERE
- Cap.V. CATALOG DE COMPONENTE
- Cap. VI. REGLEMENTĂRI TEHNICE PRIVIND SIGURANȚA OCUPAȚIONALĂ

Pompa triplex cu simplu efect cu plungere care va echipa agregatul de cimentare- fisurare ce se propune spre asimilare, se compune din următoarele subansambluri principale:

- **Frema pompei;**
- **Partea hidraulică** – transformă energia mecanică în energie hidraulică la presiunea de lucru necesară.
- **Mecanismul motor (de transmisie)** este compus în principal din: arbore cotit turnat, sisteme de patru lagare cu rulmenți, biele care au lagăre de alunecare, la maneton (cuzinet bimetalic din două bucăți), capete de cruce de formă cilindrică care culisează în cate o cămașă fixată în corpul fremei;
- **Angrenajul mekansim motor** prin intermediul caruia se transmite miscarea la arborele cotit.

Solutia constructiva a pompei care intra in componenta agregatului **si face obiectul cartii tehnice** este prezentata in figurile 1, 2, 3, 4, 5 si 6.

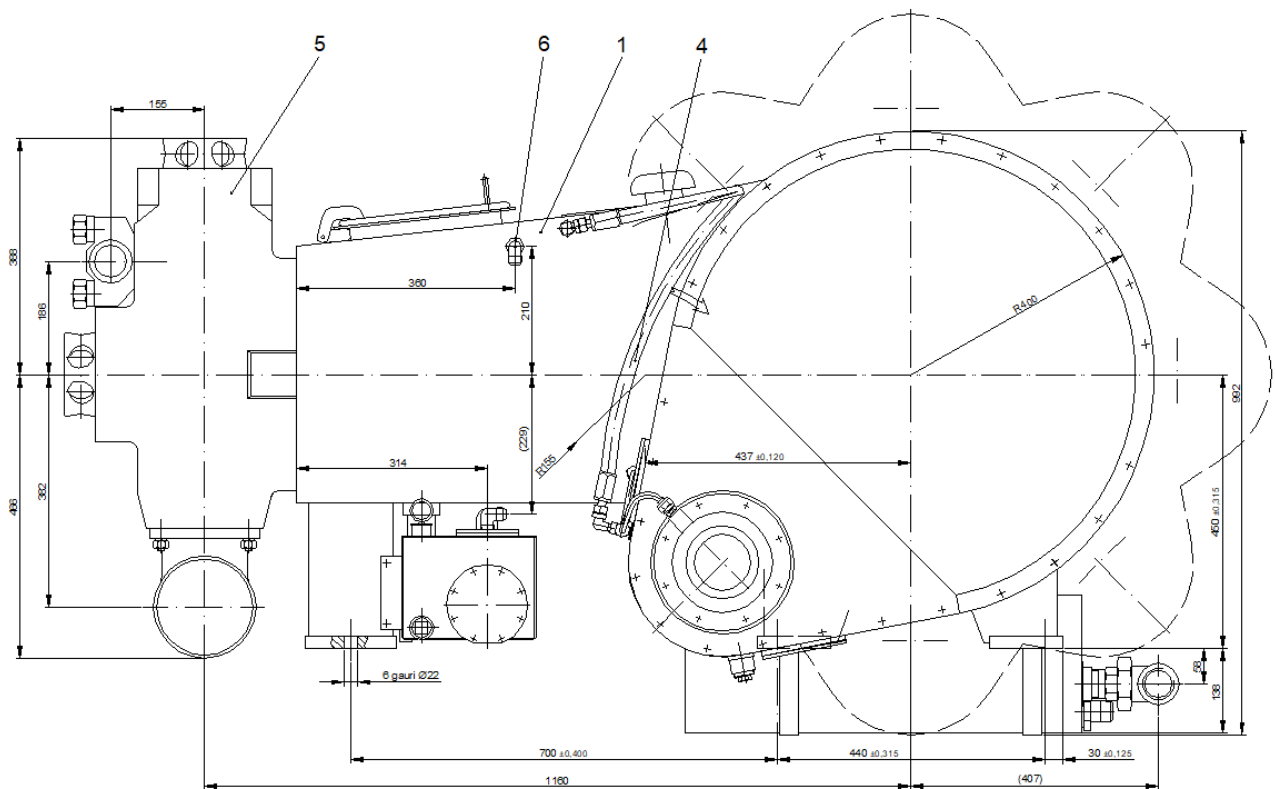


Fig. 1.a Fig.1.a Pompa triplex cu plunger PET 70

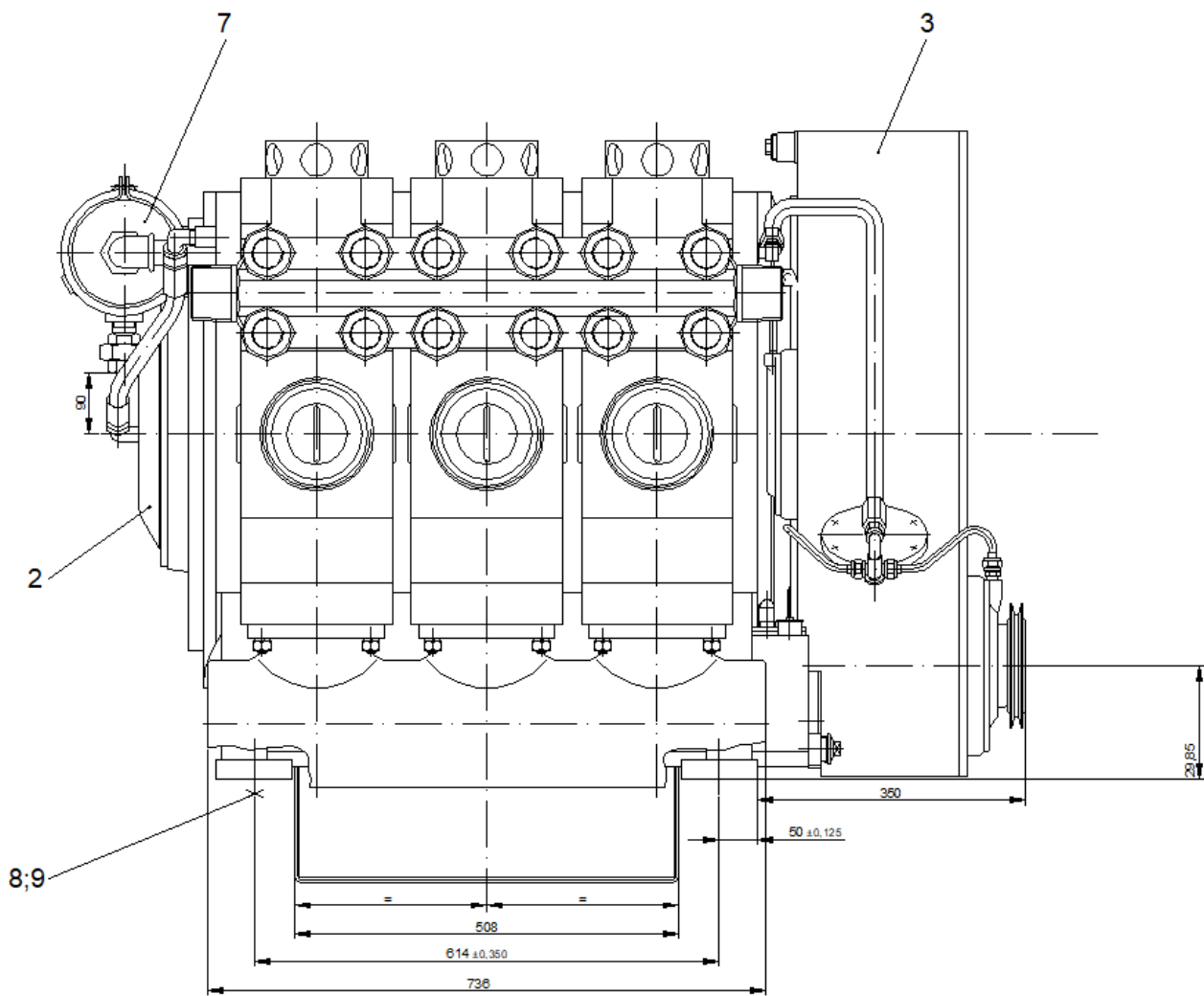


Fig.1.b Pompa triplex cu plunger PET 70 – vedere laterala

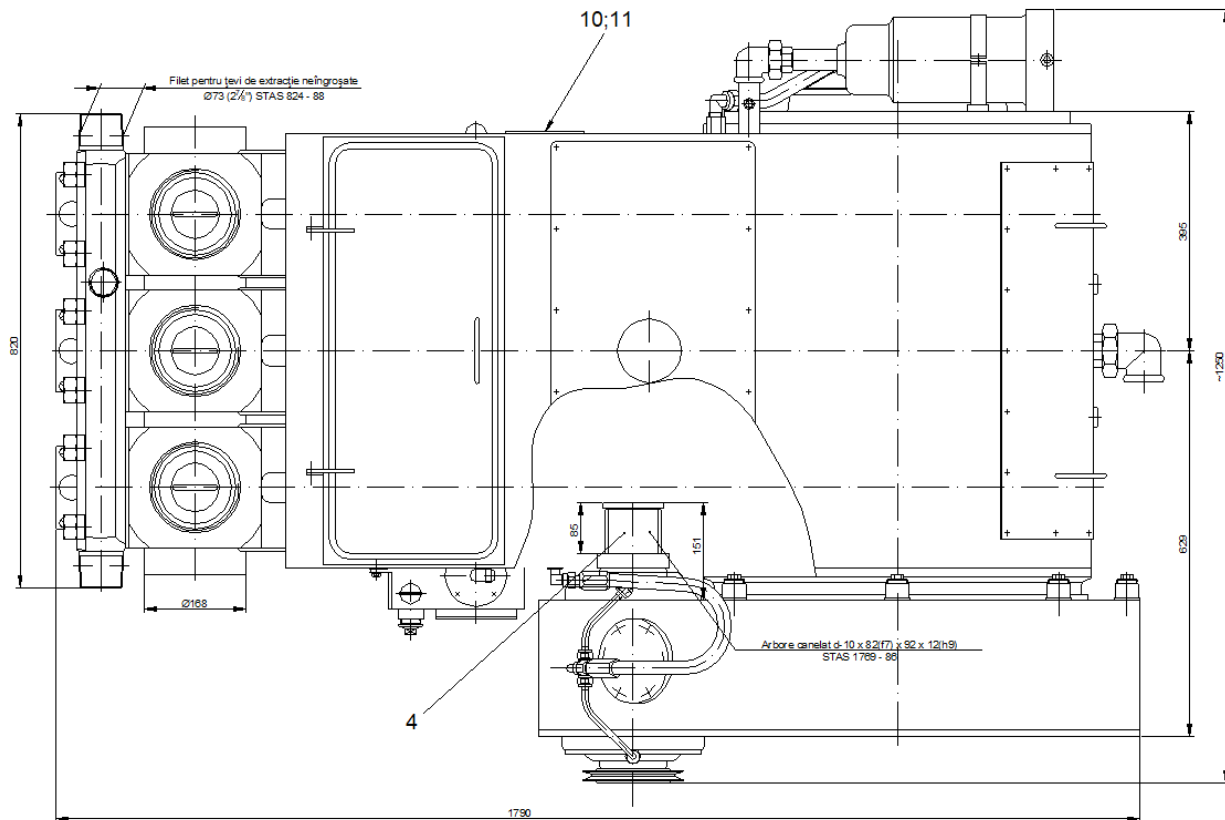


Fig.1.c Pompa triplex cu plunger PET 70 - vedere de sus

Legenda

1	Fremă
2	Mecanism motor
3	Carcasa angrenaj motor
4	Angrenaj mecansim motor
5	Partea hidraulică
6	Ungere plunger
7	Ungere mecanism motor
8	Șurub M20x80 PT
9	Piuliță M20
10	Etichetă
11	Nit 32x6

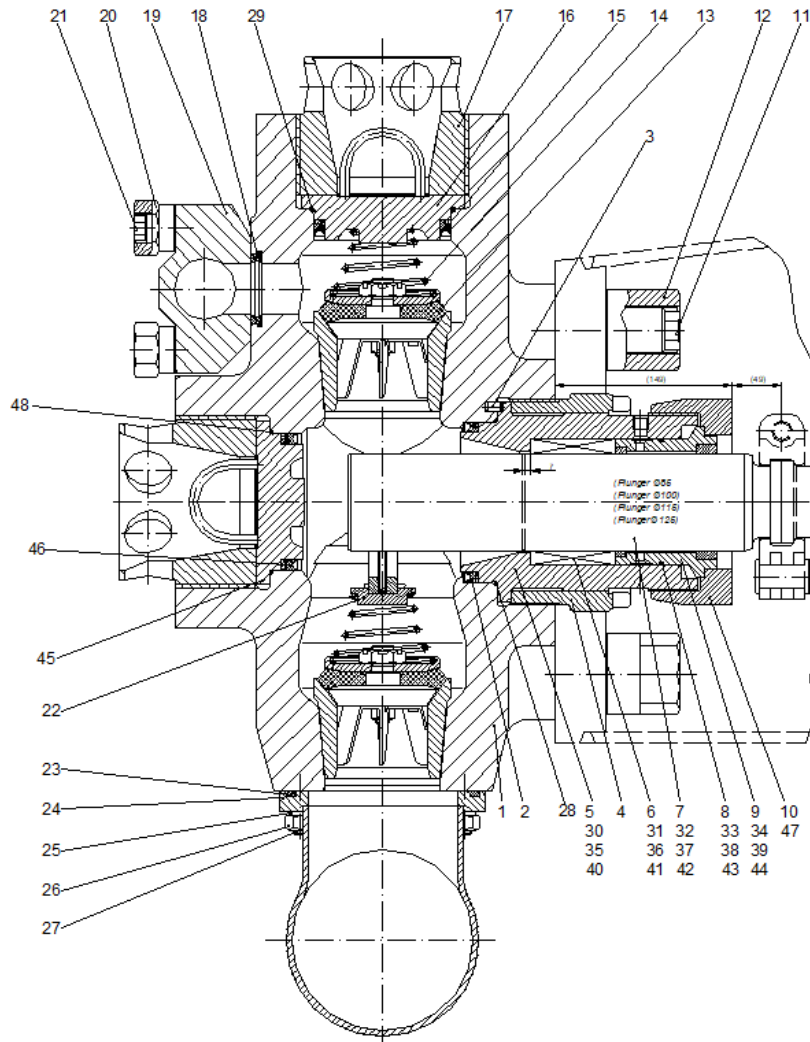


Fig. 2. Sectiune verticala prin partea hidraulica

Legenda

1	Corp hidraulic	16	Capac supapa	26	Piulita M16x1.5
2	Garnitura corp presetupa	17	Manson filetat	27	Prezon M16x1,5
3	Stift cilindric B8x14	18	Garnitura	28,29,38,48	Inel OTS
4	Manson corp presetupa	19	Colector refulare	35,	Corp presetupa
10	Capac presetupa	20	Pilita speciala M27x2	36	Pachet de etansare
11	Prezon special M42x3	21	Prezon specialM27x2	37	Plunger
12	Piulita speciala M42x3	22	Punte supapa aspiratie	39	Bucsa presgarnitura
13	Supapa marimea 4L	23	Inel OTS	45	Capac lateral
14	Resort supapa	24	Colector de aspiratie	46	Etansare capac lateral
15	Garnitura capac acces	25	Saiba Grower N16	47	Capac presetupa

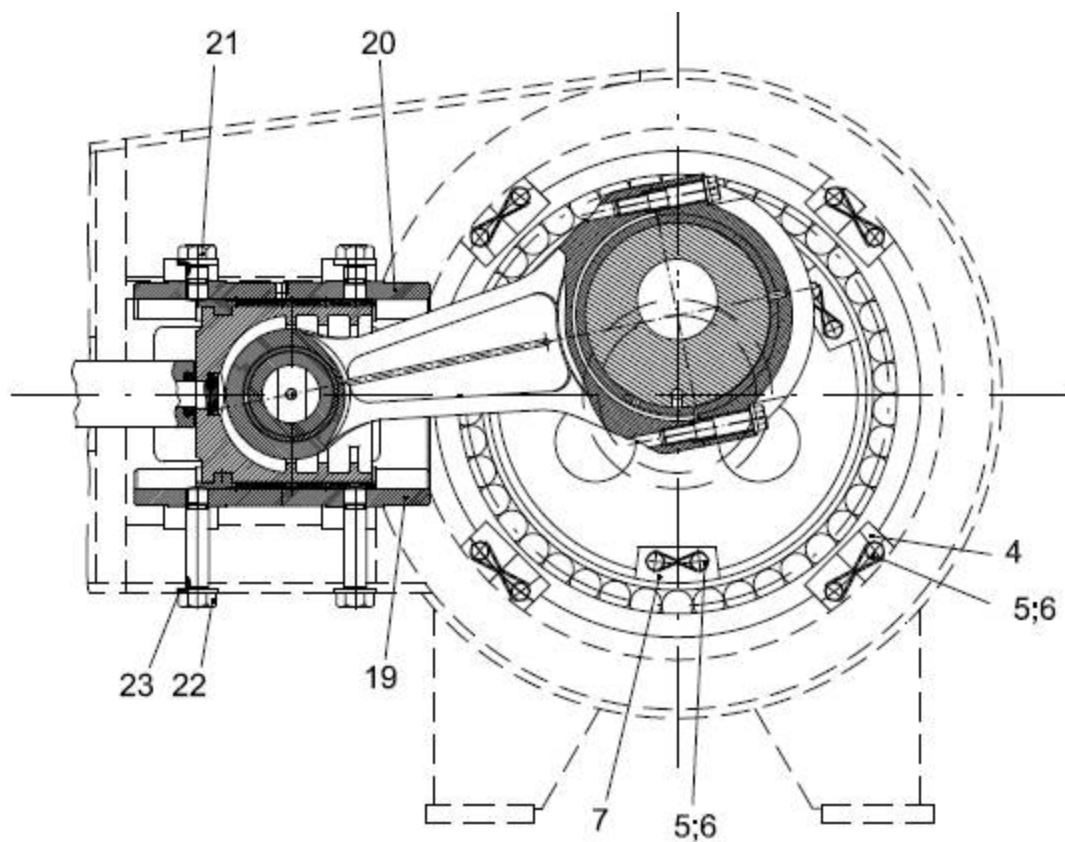


Fig. 3 . Sectiune verticala prin mecanismul motor

Legenda

4,7	Sector de fixare	20	Glisiera superioara
5	Surub M12	21,22	Surub de pasuire
6	Sarma moale alba	23	Garnitura „O”
19	Glisiera inferioara		

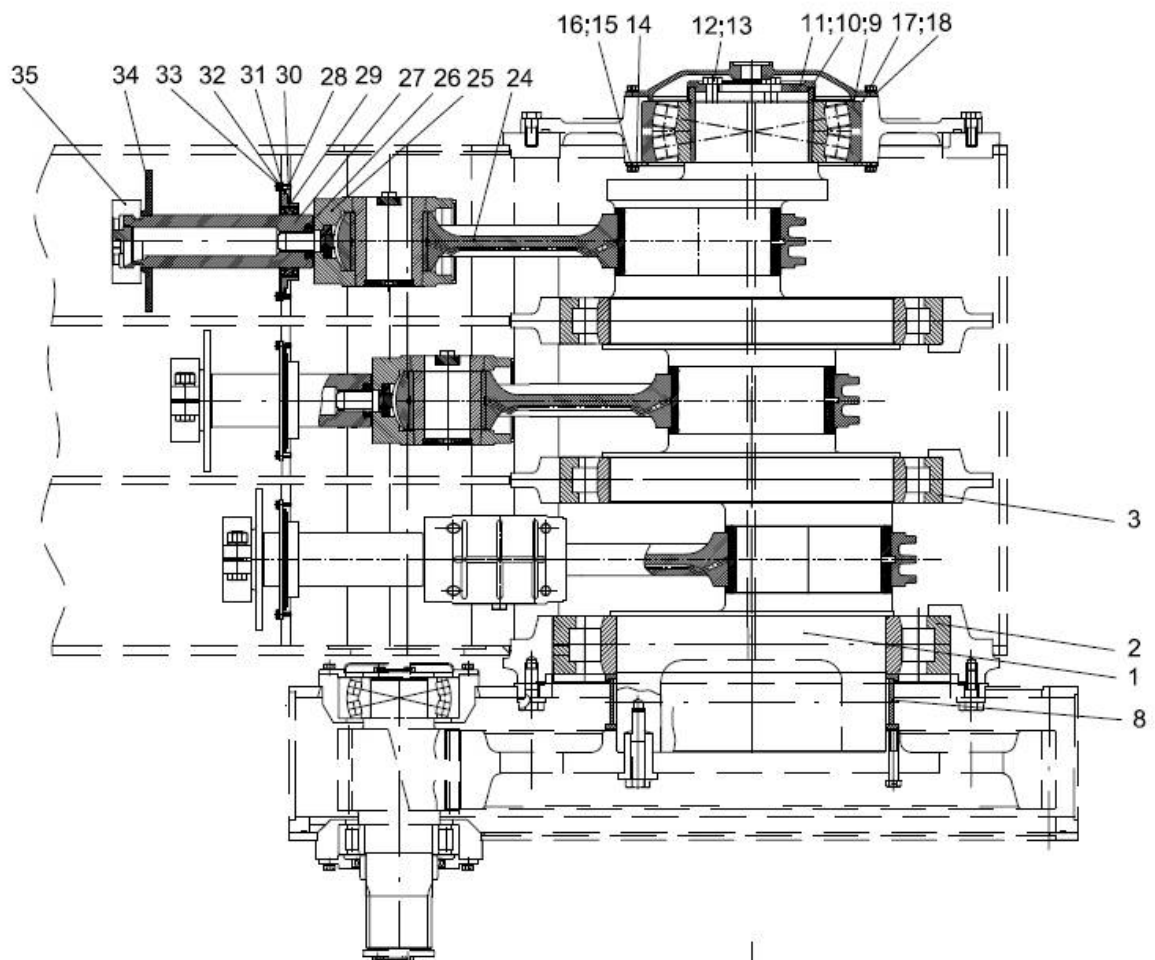


Fig. 4. Sectiune orizontala prin mecanismul motor

Legenda

1	Arbore cotit	14	Inel	24	Biela
2,3,9	Rulment	15	Surub M8	25	Cap de cruce asamblat
4,7	Sector de fixare	16,32	Saiba Grower	27	Tija intermediara
5	Surub M12	17,26,30	Garnitura	28	Garnitura $\phi 134$
6,13	Sarma moale alba	18	Capac	29	Caseta
8	Distantier	19	Glisiera inferioara	31	Inel de fixare
10	Bucsa	20	Glisiera superioara	33	Surub M6
11	Capac	21,22	Surub de pasuire	34	Disc protector
12	Surub M16	23	Garnitura „O”	35	Colier

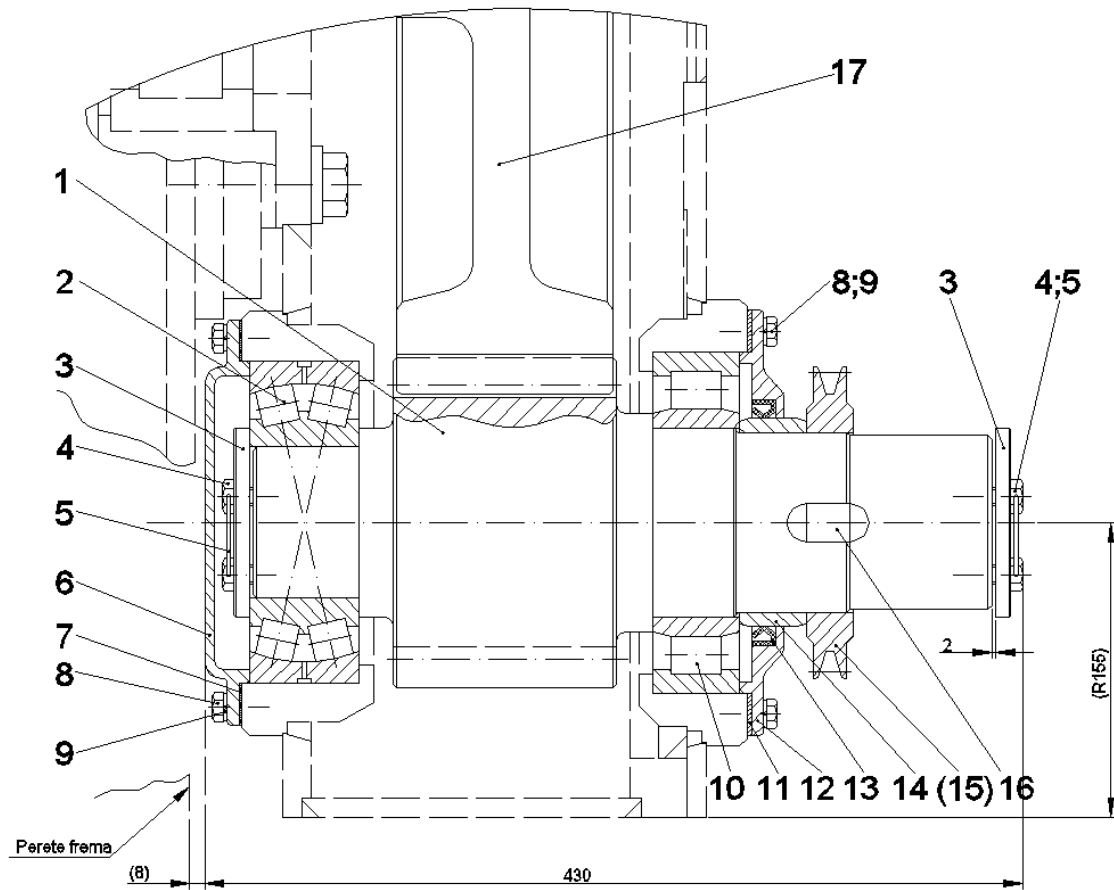


Fig. 5.a *Secțiune verticală prin angrenaj mecanism motor – Arbore pinion*

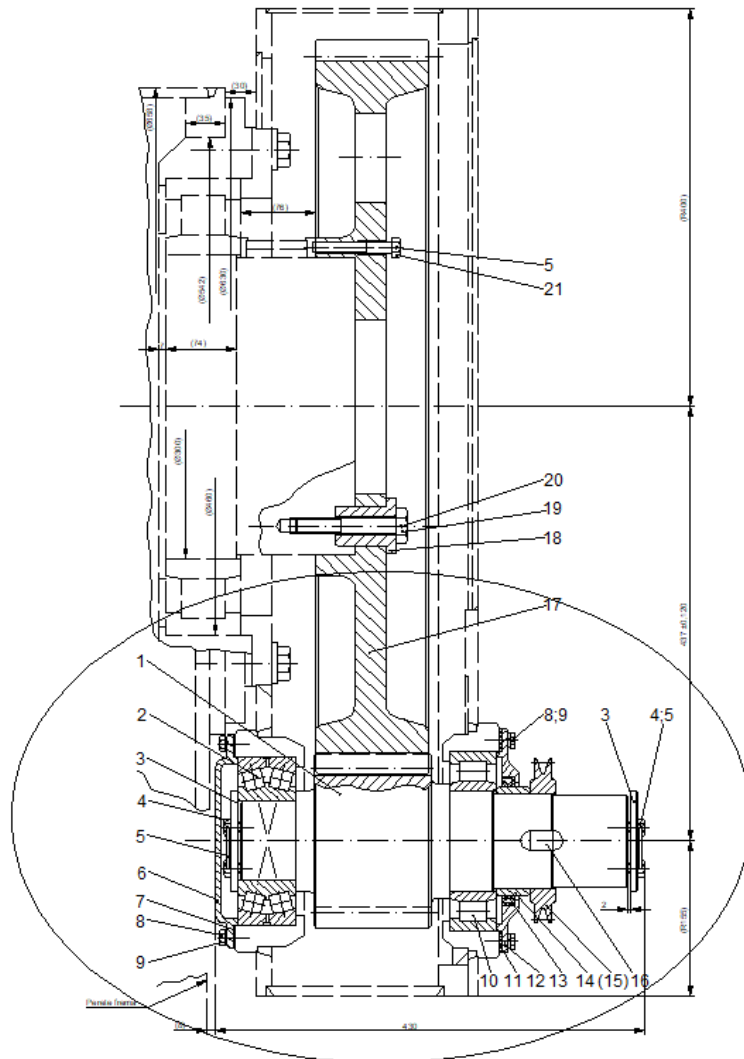


Fig. 5.b. Sectiune verticala prin angrenaj mecanism motor – Coroana dintata

Legenda

1	Arbore pinion Z14	13	Lip seal $\text{Ø}110 \times \text{Ø}130 \times 12$
2	Rulment cu role în formă de butoi	14	Bucșă
3	Șaibă de reținere	15	Roată de curea
4	Șurub M10x25 SPT	16	Cheie rectangulară 20x12x23
5	Sârmă rotundă trefilată $\text{Ø}1.8 \times 200$	17	Roată dințată Z68
6	Capac	18	Bucșă de centrare
7	Garnitură	19	Șurub M16x1.5x100 SPT
8	Șurub M 8x20 PT	20	Sârmă rotundă trefilată $\text{Ø}2,5 \times 400$
9	8 șaibe Grower	21	Șurub special M12x1.5x80
10	Rulment cu bile		
11	Garnitură		
12	Capac		

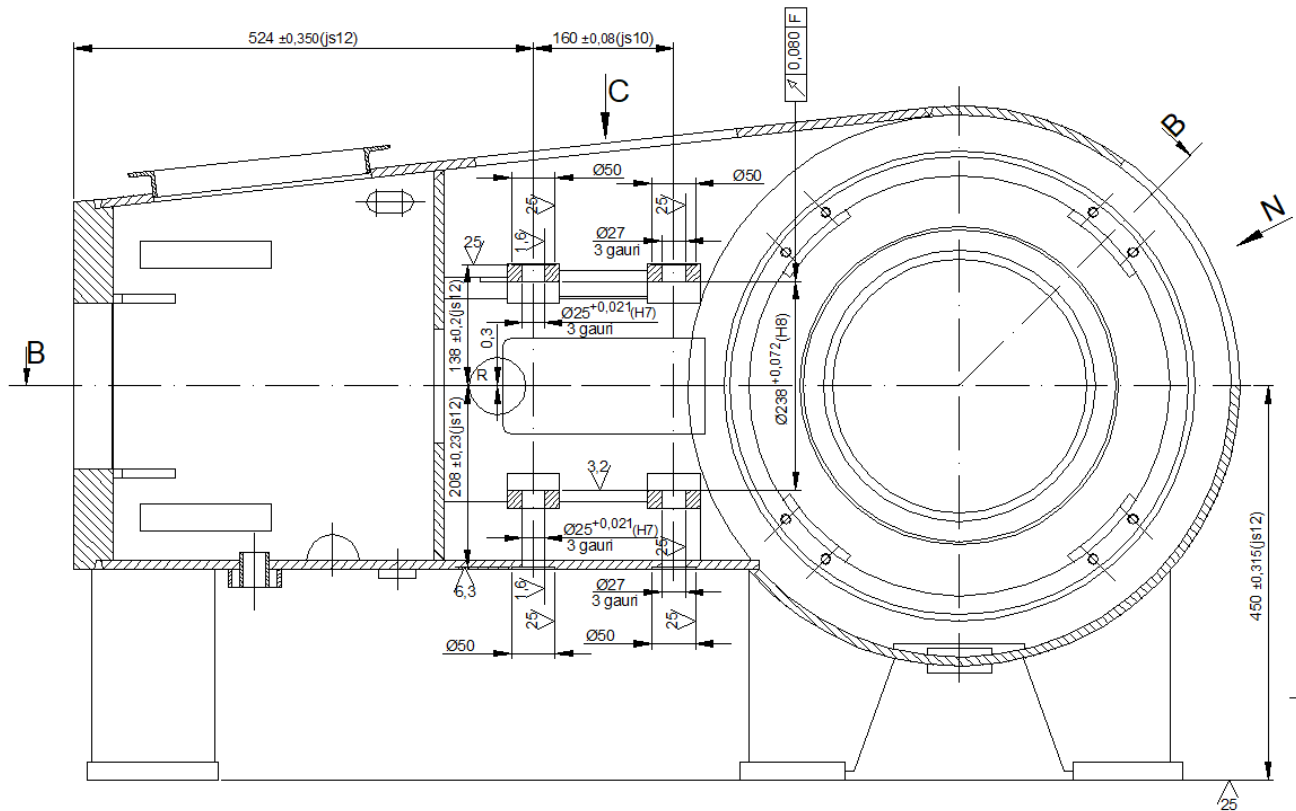


Fig. 6. Sectiune verticala prin frema

Cartea Tehnica este prezentata in Anexa 1 la Raportul Intermediar.

2. Realizare de fise tehnologice pentru introducerea in fabricatie a unor repere ale pompei triplex cu plungere

Fisele tehnologice intocmite pentru acest stadiu intermediar al etapei, sunt prezentate in Anex 2 la Raportul Intermediar.

Fisele tehnologice realizate in cadrul activitatii A1.3 ca asistenta tehnica pentru realizarea reperelor prezinta informatii referitoare la:

- denumirea produsului
- caracteristicile acestuia
- materialele din care se executa produsul
- schita produsului
- operatii tehnologice
- unelete, scule, instrumente de masura folosite
- control de calitate

Au fost realizate fise tehnologice pentru urmatoarele repere:

Componente ale subansamblului Fremă pompă

- **Capac lateral** – nr. desen **PET10-01.00.02.0**, material T9MoCrNi30R Îmbunătățit, STAS 12403 – 85 ; Semifabricat turnat; Operații de prelucrare mecanică: Strunjire de

- degroșare, Strunjire de finisare, Gaurire, Filetare, Alezare, Tratament termic de îmbunătățire
- **Mufa speciala Rp 1”** – nr. desen **INOCEM 10-03.00.02.0**, material S235 J2, SR EN 10025-2:2019 ; Semifabricat laminat; Operații de prelucrare mecanică: Debitare, Strunjire de degroșare, Strunjire de finisare, Găurire, Teșire, Strunjire de filetare
 - **Stift de centrare Ø16x40** – nr. desen **PET 10-01.00.03.0**, material C45 SR EN 10083-2:2007 ; Semifabricat forjat Operații de prelucrare mecanică: Debitare, Strunjire de degroșare, Strunjire de finisare, Rectificare, Frezare
 - **Suport glisieră** - nr. desen **INOCEM 10-01.00.00.0**, material S355 J0/SR EN 10025-2:2004, S235J0/ SR EN 10056-1:2017; Semifabricat obținut prin sudare; Operații de prelucrare mecanică: Găurit și alezat
 - **Suport 60x45x196** - nr. desen **INOCEM 10-01.05.01.0**, material S355 J0/SR EN 10025-2:2004; Semifabricat turnat; Operații de prelucrare mecanică: Frezare de degroșare și finisare
 - **Profil „L” 30x30x4-L100** conf. SR EN 10056-1:2017, material S235J0/ SR EN 10056-1:2017; Semifabricat Profil L; Operații de prelucrare mecanică: Debitare, Frezare

Componente ale subansamblului Angrenaj mecanism motor

- **Capac** - nr. desen **INOCEM10-04.99.00.0**, material Fc 200, SR EN 1561:2012; Semifabricat turnat; Operații de prelucrare mecanică: Strunjire de degroșare, Strunjire de finisare, Frezare, Găurire, Filetare – 14 operații
- **Dop Special R1”** – nr. desen **INOCEM 10-03.00.03.0**, material S235 J2, SR EN 10025-2:2019 ; Semifabricat laminat; Operații de prelucrare mecanică: Strunjire de degroșare, Strunjire de finisare, Teșire, Frezare, Strunjire de filetare, Protecție AE/OL/Cd-12F/SR EN ISO 2082:2018 – 12 operații
- **Placa de fixare** – nr. desen **INOCEM 10-03.09.00.0**, ansamblu format din Placă și Suport - Operații de prelucrare mecanică: Frezare, Găurire – 4 operații
- **Placă** – nr. desen **INOCEM 10-03.09.01.0**, material S235 J2 SR EN 10025-2:2019 2019 ; Semifabricat laminat; Operații de prelucrare mecanică: Frezare de degroșare, Frezare de finisare – 4 operații
- **Suport**- nr. desen **10-03.09.02.0**, material **S235 J2 SR EN 10025-2:2019**; Semifabricat laminat; Operații de prelucrare mecanică: Îndoire– 1 operație
- **Capac** – nr. desen **INOCEM 10-00.00.16.0**, material **S235 J2 SR EN 10025-2:2019**; Semifabricat laminat; Operații de prelucrare mecanică: Debitare, Strunjire de degroșare, Găurire – 4 operații

Fișele tehnologice prezintă în detaliu descrierea operațiilor de prelucrare mecanică, fiind însoțite de schița operației, ce indică suprafețele prelucrate și dimensiunile obținute în urma prelucrării. Toate schițele operațiilor de prelucrare au fost realizate cu ajutorul programului AutoCad.

Schițele operațiilor de prelucrare au la baza desenele tuturor operațiilor realizate în AutoCad , plecând de la semifabricate cu adaosurile aferente și finalizând cu produsul finit.

Fisele tehnologice realizate sunt prezentate în **Anexa 2** la Raportul Intermediar.

Concluzii

Acest Raport intermediar prezintă activitatea desfășurată de echipa de lucru, din cadrul INC DIE ICPE-CA, **sub forma de Asistența tehnică**, în cadrul Subactivității „**A1.3 Realizare subansambluri actionare electrica, antrenare mecanica si componente de uzura pompa**” , in perioada 1.10.2021 – 28.02.2022.

Activitatea A.1.3 se desfasoara intr-un interval de 13 luni.

In cadrul activitatii A 1.3, pana in prezent, au fost efectuate urmatoarele operatii:

- s-a analizat documentatia de executie predata;
- s-a definitivat lista de materiale necesare pentru realizarea subansamblurilor mecanice, hidraulice și electrice;
- au fost stabilite fluxurile tehnologice pentru realizarea subansamblurilor prototipului inovativ;
- s-au identificat si stabilit procesele de producție pentru producția prototipului inovativ și stabilirea fluxurilor tehnologice specifice fiecărui subansamblu;
- a fost intocmita o listă orientativă cu materialele necesare și prețurile estimative
- au fost elaborate documentatii pentru „ Ungere mecansim motor” si „ Sistem de ungere plungere”.

In aceasta perioada de raportare, activitatea de asistenta tehnica la realizarea de subansambluri ale pompei triplex cu plungere a avut doua obiective principale:

1. Intocmire Carte Tehnica Pompa Triplex cu Plungere

Se fac urmatoarele precizari:

- **Cartea tehnica in forma transmisa, este una intermediara, urmand ca pana la finalizarea etapei A. 1.3 aceasta sa fie completata;**
- **dupa ce va fi finalizata si etapa „A 2.1 : Intocmirea documentatiei tehnice pentru ansamblu echipament” , va fi intocmita Cartea tehnica a echipamentului , care va include Cartea tehnica a pompei triplex cu plungere .**

2. Realizare de fise tehnologice pentru introducerea in fabricatie a unor repere ale pompei triplex cu plungere

Fişele tehnologice prezintă în detaliu descrierea operațiilor de prelucrare mecanică, fiind însoțite de schița operației, ce indică suprafețele prelucrate și dimensiunile obținute în urma prelucrării. Toate schițele operațiilor de prelucrare au fost realizate cu ajutorul programului AutoCad.

Schitele operatiilor de prelucrare au la baza desenele tuturor operatiilor realizate in AutoCad , plecand de la semifabricate cu adaosurile aferente si finalizand cu produsul finit.

Cartea tehnica a Pompei Triplex cu Plungere este prezentata in **Anexa 1**

Fisele tehnologice (pentru aceasta etapa intermediara) ale unor repere din componența Pompei triplex sunt prezentate in **Anexa 2.**

Bibliografie:

- [1]. G.Picos, C.Pruteanu, C.Boshosievici ș.a. , Proiectarea tehnologiilor de prelucrare necanica prin aschiere vol 1 si 2 , Editura Universitas, Chisinau, 1992;
- [2]. A.Oprean, I.Gh.Sandu, C.Minciu ș.a. , Bazele aşchierii și generării suprafețelor, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981
- [3]. V.R.Rădulescu, Gh.Zgură, L.Ungureanu, I.Ungureanu, Probleme de tehnologia construcțiilor de mașini, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979
- [4]. I.Gheghea, B.Plahteanu, C.Mitoșeriu, A.Ghionea, Mașini-Unelte și Agregate, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
- [5]. Ște. Enache, C.Minciu, Proiectarea asistată a sculelor aşchietoare, Editura Tehnica, București, 1983
- [6]. V.Tache, I.Ungureanu, A.Brăgaru, ș.a. , Construcția și exploatarea dispozitivelor, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982
- [7]. Fr.Gerber, V. Caisan, Indrumător pentru ridicarea calificării strungarilor, Editura Tehnica, București, 1986
- [8]. V.Buzatu, Indrumător pentru ridicarea calificării frezorilor, Editura Tehnica, București, 1984
- [9]. V.Răducu, N.Răducu, Gh.Rusu, Indrumător pentru ridicarea calificării lăcătușilor, Editura Tehnica, București, 1979
- [10]. M.Aelenei, I.Gheghea, Probleme de mașini unelte și de aşchiere, Editura Tehnica, București, 1985
- [11]. G.S.Georgescu, Îndrumător pentru ateliere mecanice, Editura Tehnica, București, 1985
- [12]. L.Sauer, C.Ionescu, Scule pentru frezare, Editura Tehnica, București, 1977
- [13]. L.Sauer, Scule pentru prelucrarea găurilor, Editura Tehnica, București, 1966
- [14]. I.A. Grigoriev, E.R.Dvoretki, Controlul dimensional în construcția de mașini, Editura Tehnica, București, 1961
- [15]. R.L. Timings, Mechanical engineer pocket book, Newnes, Oxford, MA 01803, U.S.A., 2006
- [16]. P.K.Joshi, Machines handbook, design and operation, Tata McGraw Hill Handbooks, New Delhi, India, 2007
- [17]. Ron. A.Walsh, Handbook of machining and metalworking calculations, McGraw Hill, New York, U.S.A. 2001
- [18]. Mikel P.Groover, Fundamentals of modern manufacturing. Materials, processes and systems, John Wiley & Sons. U.S.A., 2010
- [19]. K. Venkataraman, Design og jigs, fixtures and process tools, Wiley Athena Academic, London, UK, 2015
- [20]. Marc Cronin, Machinists handboock. Workshop reference, charts and calculations, Wiley, London, 2020
- [21]. Ivan Law, Gears and gear cutting, Argus Books, Hertfordshire, HP2 7ST, U.K., 1990
- [22]. Ken Evans, Programming of CNC machines, Industrial Press, South Norwalk, Conneticut, U.S.A., 2016