Helga Backhoff-Malmquist

POLSUNOVS ATMOSFÄRISKA ÅNGMASKIN 1763-1766

Fil. mag. Helga Backhoff-Malmquist behandlar i efterföljande uppsats ett tidigt och föga känt pionjärarbete på ångmaskinsteknikens område i Ryssland.

I dagspressen ser man då och då korta notiser, som med stor reservation återge uppgifter om att ryssarna varit de första, som uppfunnit det eller det inom tekniken, så t.ex. ångmaskinen, flygmaskinen, glödlampan och radion. Dessa ryska påståenden synes ibland vara gripna ur luften, men icke sällan visa de sig vid närmare granskning vara till en viss grad riktiga. Detta är exempelvis fallet med ångmaskinen, ty Ivan Ivanovitj Polsunov projekterade och byggde en »eld- och luft-maskin» under åren 1763—1766, vilken onekligen var den första maskinen med kontinuerlig gång, tack vare den växelvisa rörelsen hos kolvarna i två cylindrar. Kolvarna i denna ångmaskin drevos icke av ångans tryck utan genom atmosfärens tryck. Denna maskin var också den första, som var avsedd icke enbart för pumpning av vatten utan även för drift av alla slags arbetsmaskiner, vilket möjliggjordes av den kontinuerliga arbetsgången. Utanför Rysslands gränser har man föga kännedom om detta Polsunovs storslagna projekt och dess utförande. Dels var även dåtidens Ryssland i viss mån ganska isolerat från det övriga Europa på grund av sitt geografiska läge och sitt språk, dels hann maskinen aldrig bli allmänt känd och uppskattad ens i Ryssland, eftersom dess uppfinnare dog just som den var färdigbyggd, och den därefter var i gång endast tre månader för att sedan icke mer användas utan så småningom skrotas ner och glömmas.

Endast några korta artiklar och notiser i facktidskrifter finnas från de närmaste hundra åren efter maskinens tillkomst, och det var först år 1882, som man av en händelse fann urkunder om och en modell av Polsunovs ångmaskin. I april detta år skickades nämligen en kommission på inspektion till gruvområdena i Altai. Kommissionen kom även till staden Barnaul och en av dess medlemmar, A. N. Vojejkov, fann i museet därstädes »modellen till en atmosfärisk ångmaskin, uppfunnen och byggd under åren 1763—1766 i staden Barnaul av schaktmästaren Ivan Ivanovitj Polsunov, 20 år innan den första ångmaskinen byggdes i västra Europa. Härigenom vederlägges med dokumentära bevis den rådande uppfattningen, att ångmaskinen uppfanns i England och därstädes för första gången togs i bruk.» Detta citat är hämtat ur »Ruskaja Starina» en månatlig kulturell tidskrift, där Vojejkov i novembernumret 1883 (sid. 403—414) skrev en artikel om Polsunov och hans ångmaskin med anledning av de funna dokumenten och modellen; dessutom publicerades ett brev från Polsunov till

Poroschin, ledare för bergverken i Kolivano-Voskresenskij, daterat april 1763. I decembernumret 1883 av samma tidskrift (sid. 629—644) publicerade Vojejkov vidare »en ritning till Polsunovs atmosfäriska ångmaskin 1763» med en förklaring på de olika delarna, vilken redaktionen låtit utarbeta efter Polsunovs egenhändiga beskrivning över maskinen, som publicerades samtidigt in extenso »huvudsakligen för de många tekniker, som finnas bland våra läsare». Denna »ritning» tycks dock vara endast en bild av den i Barnauls museum funna modellen. Den ca tio sidor långa redogörelsen för maskinen och dess delar av Polsunov personligen, skriven år 1763, följes av en materialförteckning på tre sidor. Tyvärr synes det som om Vojejkov aldrig återlämnat det material om Polsunov och hans maskin, som han fått låna från Barnaul. Det är i varje fall försvunnet och man har endast dessa publikationer i Ruskaja Starina att tillgå samt själva modellen, som fortfarande finns i Barnauls museum.

År 1902 publicerade R. Tonkov i »Gornij Journal» (Bergsjournalen) en skiss, som han ansåg höra till Polsunovs ångmaskin, och år 1907 skrev M. Juschakov i »Tidskrift utgiven av Tekniska Institutet i Tomsk» en artikel om Polsunovs maskin, och publicerade samtidigt 39 urkunder, däribland de elva som redan tidigare publicerats av Vojejkov. Dessa båda författare tyckas dock ha delat Vojejkovs uppfattning, att Polsunov var den förste, som byggde en ångmaskin i Europa.

I nr 10 år 1937 av »Trudi Leningradskovo Industrialnovo Instituta» (Transactions of the Leningrad Industrial Institute) finns på sidorna 3—39 en artikel av V. Danilevskij om Polsunov och hans ångmaskin, där en hel del nya fakta framkomma, och där en del nyfunna originalskisser och urkunder äro avbildade. Danilevskij har efter många års letande i arkiv i hela Sovjet-Ryssland lyckats sammanföra över 300 urkunder om Polsunovs liv och om hans »eld- och luftmaskin». Danilevskij framhåller mycket bestämt, att tidigare publicerat material endast rört ett första projekt av Polsunov år 1763 att bygga en atmosfärisk ångmaskin och att Polsunov år 1764 gjort ett nytt projekt, efter vilket »den atmosfäriska ångmaskinen med kontinuerlig arbetsgång» byggdes under åren 1764—1766. Denna maskin skilde sig i konstruktion och i synnerhet till storlek och kapacitet avsevärt från det första projektets anspråkslösare maskin. Huvudprincipen är dock densamma i båda projekten. Danilevskij framhåller också oriktigheten i Vojejkovs påstående, att *Polsunov byggde den första ångmaskinen i Europa,* när det i själva verket var den *första ångma-*

skin som byggts i Ryssland, men, säger Danilevskij, det var den första kontinuerligt arbetande maskinen med utnyttjande av vattenånga för att driva arbetsmaskiner (ej blott vattenpumpar som tidigare varit fallet) som konstruerats någonstädes i världen. Häri ligger Polsunovs stora betydelse, men han har hittills ej rätt uppskattats för sin stora insats.

★

Ivan Polsunov.

Ivan Ivanovitj Polsunov föddes sannolikt år 1728 i Jekaterinburg (nuvarande Sverdlovsk). Han var son till en enkel soldat. Man har inte kunnat finna något papper om Polsunovs födelseår, men vet från handlingar, att den fjortonårige Polsunov efter avslutad skolgång år 1742 den 19 april anställdes som mekanikerlärling med en lön av 6 rubel om året. Uppenbarligen har Polsunov förstått att tillägna sig kunskap och skicklighet inom sitt område, ty när specialister togos ut från olika bergverk för att år 1747 sändas till kejsarinnan Elisabets privata gruvor i Altai, befann sig den då nittonårige Polsunov bland dem som skickades från Jekaterinburg. Han kom till det stora gruvdistriktet Kolivano-Voskresenskij.

Polsunovs födelsestad Jekaterinburg var vid denna tid, på 1730- och 40-talen, administrations- och produktionscentrum för bergshanteringen i Ural och därmed också för hela Ryssland. Arbetskraften utgjordes av fångar, deporterade och livegna. Det fanns bergverk i Ural redan på 1600-talet, men det var först Peter den store som år 1701 systematiskt började utbyggandet av bergshanteringen. Antalet statliga och privata bergverk i Uralbergen och angränsande områden ökade från 2 statliga och 9 privata företag år 1700 till 28 resp. 125 år 1790.

Största antalet verk synas alltså ha varit igång under 60-talet och därefter, d.v.s. just under den tid då Polsunov arbetade på sin ångmaskin. Vid betraktandet av den stora ökningen i antalet bergverk får man icke glömma att taga med i beräkningen minskningen i produktionen från varje enstaka bergverk. I medeltal uppgick årsproduktionen från ett bergverk till 163 000 pud[1] år 1725, 75 000 pud år 1750, 36 000 pud år 1780 och 75 000 pud vid slutet av 1700-talet. Järn var under denna tid en av Rysslands viktigaste exportartiklar: år 1760 uppgick den ryska järnexporten till 876 630 pud för att år 1766 vara uppe i 2 335 000 pud. Sålunda inföll Polsunovs verksamhet under en period då den ryska bergshanteringen var i uppåtgående.

[1]) 1 pud = 40 funt = 16,38 kg. 1 funt = 32 lot = 409,51 g. 1 lot = 3 solotnik = 12,797 g. 1 solotnik = 96 dolia = 4,266 g. 1 dolia = 1/22 g.

Bergshanteringen i Kolivano-Voskresenskij började byggas ut år 1726, efter det man några år tidigare funnit kopparmalm där. Senare upptäcktes även silverfyndigheter, och kejsarinnan Elisabet lät genom en ukas inköpa alla gruvor och verk inom området till kejsarhuset. Bland dessa voro även bergverken i Barnaul, uppförda år 1739, dit Polsunov senare kom och där han byggde sin ångmaskin. En tabell över silverproduktionen vid Kolivano-Voskresenskij-verken visar en stor ökning under 1760-talet, d.v.s. just under den tid, då Polsunov var verksam därstädes: år 1760 smältes 264 pud 2 funt 88 solotnik, men år 1771 1 268 pud 19 funt 67 solotnik.

Enligt Danilevskij hade Polsunov det ganska besvärligt i Altai; lönen var låg och han skickades omkring på de mest skiftande uppdrag, så att han vid upprepade tillfällen klagade över att han inte fick arbeta vid själva bergverken och fördjupa sig i det tekniska. Dock träffade han på detta sätt samman med många olika människor och strävade ständigt efter att utveckla sina kunskaper. Ofta talas det om Polsunovs enastående arbetsamhet; han unnade sig inga nöjen och ingen vila utan vigde sitt liv åt sitt arbete och sina idéer. Liksom alla uppfinnare och banbrytare hade Polsunov stora svårigheter att kämpa med och många till synes oöverkomliga hinder att övervinna. Dock rönte han även uppmuntran och erkännande från sina överordnade, och kejsarinnan Katarina II förlänade honom rang och lön av ingenjör med kaptenlöjtnants grad och 400 rubel i gratifikation och påbjöd, att Polsunov, såvitt han icke behövdes vid anläggningen, skulle komma till S:t Petersburg (Leningrad) för att under två eller tre år studera vid vetenskapsakademien. Denna resa kunde dock icke bliva av, eftersom Polsunovs närvaro var nödvändig vid byggandet av den av honom uppfunna maskinen. De 400 rubel från kejsarinnan betalades aldrig ut till Polsunov av bergverkets ledning, utan hans änka måste besvära sig hos de ledande för att få ut pengarna. Men när Katarina hörde talas om detta, befallde hon, att summan ofördröjligen skulle betalas ut till Polsunovs arvingar och skänkte dem dessutom ytterligare 500 silverrubel och utbad sig samtidigt en modell av maskinen, för vilken hon även lovade vederlag till arvingarna.

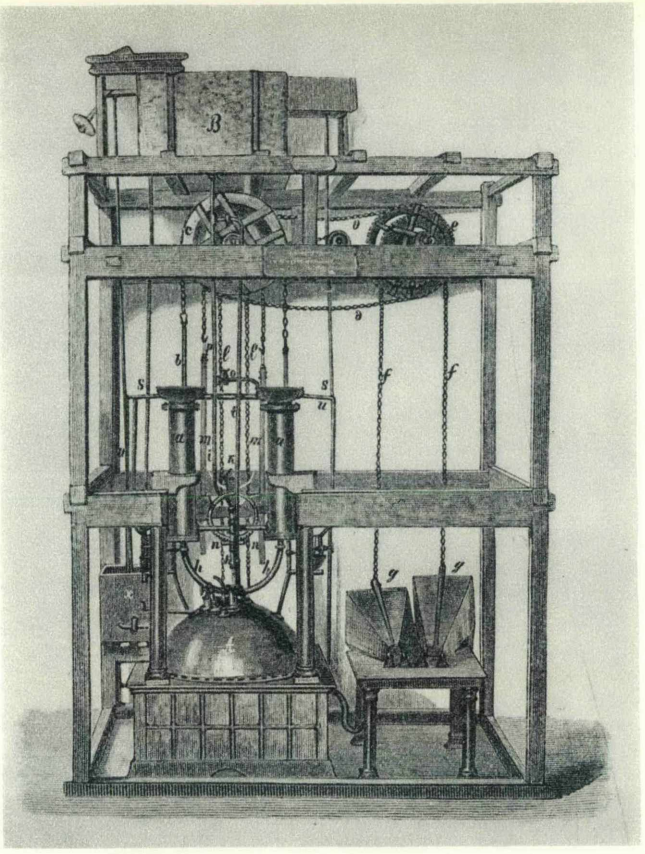
En av de största svårigheterna, som Polsunov hade att övervinna, när han byggde sin atmosfäriska ångmaskin, var bristen på maskiner och kvalificerad arbetskraft. Han hade blott arbetare och lärlingar till hjälp under arbetets gång, och dessa ej ens i det antal, som han hade begärt vid planeringen. Tydligen tänkte man sig att kunna förfärdiga

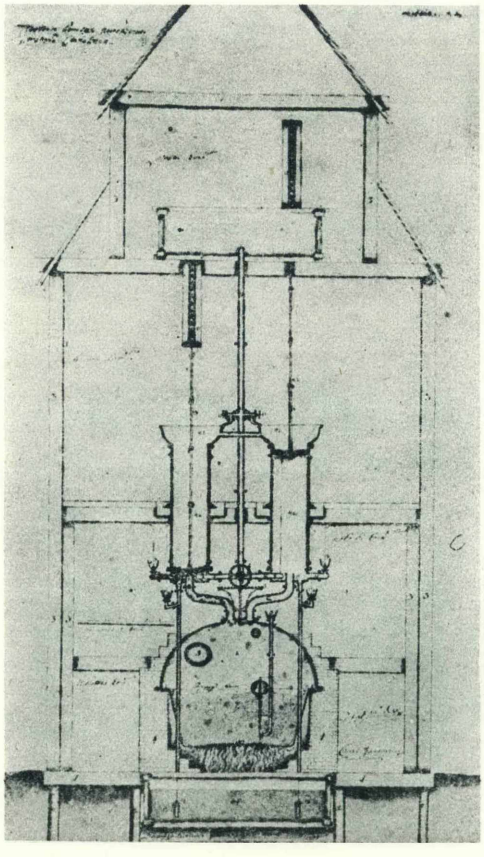
alla delar till maskinen för hand, men det synes som om Polsunov själv konstruerat några specialmaskiner för att kunna tillverka vissa detaljer till ångmaskinen. Även vid materialanskaffningen stötte Polsunov på stora svårigheter. Så t.ex. kunde han blott få en provisorisk ångpanna, användbar endast för försök, eftersom den var av alltför tunn koppar och dessutom förfärdigad av oerfarna hantverkare. Ibland fanns inte det nödvändiga materialet alls att få i Sibirien utan måste fraktas långa vägar från europeiska Ryssland, vilket många gånger innebar dröjsmål och stora förseningar. Men med sin okuvliga energi och storartade arbetsförmåga lyckades Polsunov övervinna alla svårigheter och fullborda sitt verk. Han måste ha varit oerhört skicklig på en mängd skilda områden för att med hjälp av endast två hantverkare och ett antal lärlingar kunna bygga en hel ångkraftstation. Han fick egenhändigt utföra en hel del av såväl trä- som metallarbetet.

Jean Desaguliers.

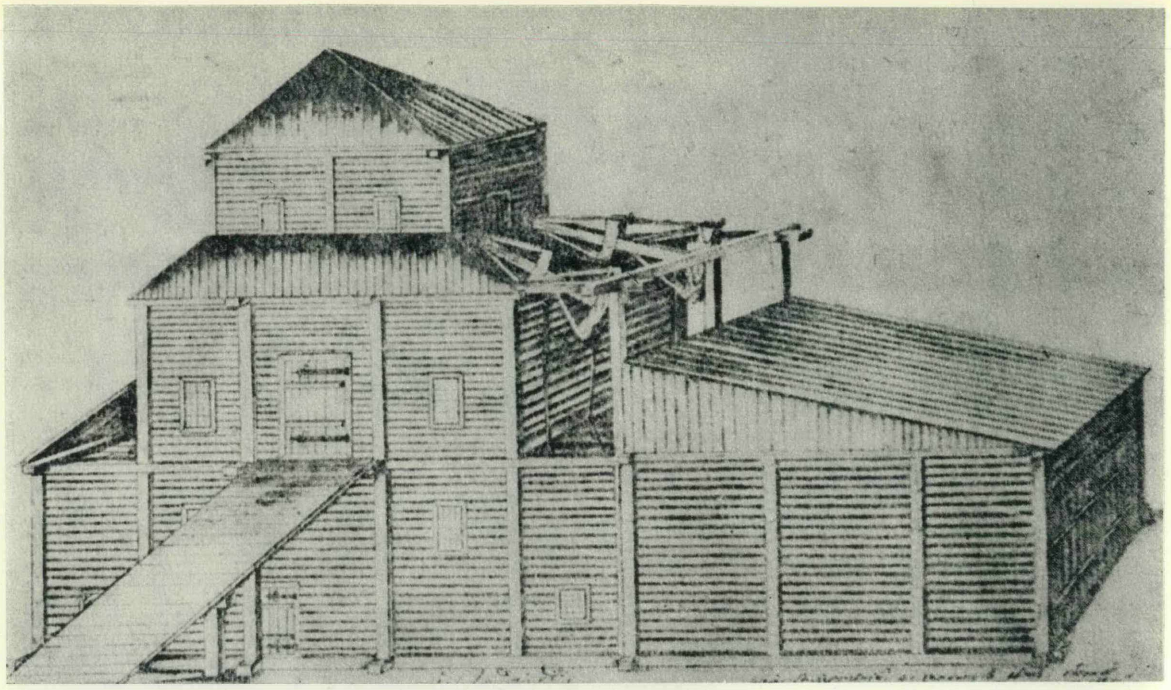
När man läser om denne enkle och självlärde mans stora livsverk, frågar man sig ovillkorligen: hur mycket kände han till av det som redan fanns i Europa på detta område, och vad fanns före honom i Ryssland? Man måste nog anse, att tekniken i dåtidens Ryssland var jämförelsevis litet utvecklad, även om Peter den store låtit införa en hel del nymodigheter, bl.a. hade han låtit Jean T. Desaguliers bygga en ångpump, som år 1717 monterades upp i Letnij Sad (kejsarens sommarslott i S:t Petersburg) för att driva fontänerna i parken. Danilevskij anser det bevisat, att Polsunov vistats i Petersburg, däremot finns det inga belägg för att han sett ångpumpanläggningen i Letnij Sad. Man kan dock utgå från att om den tekniskt så oerhört intresserade Polsunov besökt Petersburg, så har han nog inte försummat tillfället att få se en för dåtidens Ryssland så märklig anläggning som den i Letnij Sad. Det som närmast skulle ha intresserat Polsunov borde ha varit själva ångpannan och rörsystemet, men det mekaniska där bestod endast av en kran och två ventiler. Det fanns ingenting, som liknade den maskin Polsunov höll på att konstruera. Danilevskij hävdar dock, att Polsunov icke närmare känt till denna maskin, eftersom det på Polsunovs anläggning inte finns en enda detalj, som han skulle ha kunnat utnyttja från Desaguliers ångpumpanläggning. Denna ångpump var den första och enda som infördes i Ryssland före Polsunovs uppfinning, och den försvann utan att ha haft någon märkbar betydelse för teknikens utveckling i Ryssland. Kansliet i Kolivano framhåller också i en skrivelse av den 21 maj 1765, att Polsunov aldrig i praktiken sett någon enda av de till maskinen hörande detaljerna eller känt

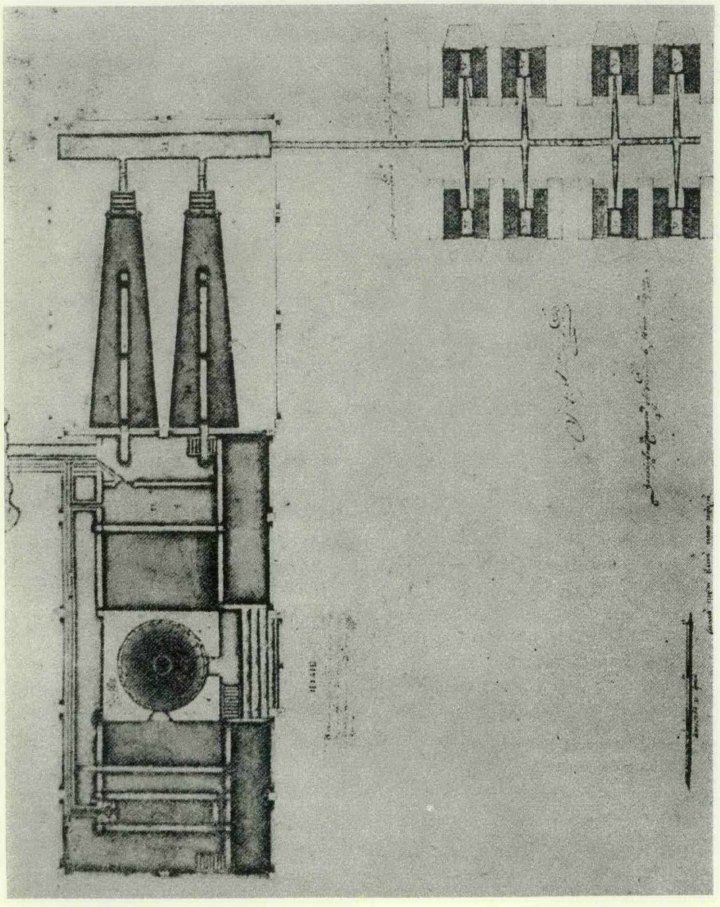
Samtida modell av Polsunovs tvåcylindriga atmosfäriska ångmaskin. Modellen finns bevarad i staden Barnauls museum.





Ritning från 1765 av Polsunovs ångmaskin.





Exteriör och plan av smältverket 1765 vid Kolivano-Voskresenskij i vilket blåsverken drevos med Polsunovs ångmaskin. — Samtliga bilder efter Danilevskijs artikel 1937.

till en dylik maskins prestanda, utan måste själv prova och resonera sig fram till allt som behövdes i konstruktivt avseende.

Man känner icke till om Polsunov kunde läsa något främmande språk. Men han har ingående studerat »Utförliga instruktioner för gruvdrift, 1760» av Schlatter, vilken är den förste, som på ryska beskriver en atmosfärisk ångmaskin men utan några som helst detaljer, som äro nödvändiga för byggandet av en dylik. Det är tänkbart, att Polsunov kände till arbeten av Belidor och Leupold, men om han icke kunde utländska språk, så har han blott kunnat studera de ritningar som funnos i utgåvorna. Hos Leupold finns en skiss och beskrivning på en ångmaskin med två cylindrar med motriktade kolvslag, men även den var ämnad endast för vattenpumpar, och dessutom hade Leupold tänkt sig att kunna använda högtrycksånga för att direkt sätta kolvarna i rörelse. Även om Polsunov alltså känt till något om Leupolds teorier, så har han dock gått sin egen väg vid konstruerandet av sin eld- och luftmaskin. Enligt Danilevskij är Polsunov den förste som fick idén att använda ångmaskinen för att driva arbetsmaskiner, och för att möjliggöra detta måste han skapa en kontinuerligt arbetande värmemaskin, vilket han åstadkom genom att använda två cylindrar med kolvar.

Universalmaskin.

I Kolivano-Voskresenskij var det ont om vattenkraft, och där det fanns vattenkraft, fanns det inga malmfyndigheter eller också ingen skog för bränsle till smältugnarna. Följden var, att smältverk och metallverk kommo att ligga på stora avstånd från malmgruvorna, och oftast måste man räkna med långa och dyrbara transporter. Dessa olägenheter ville nu Polsunov avhjälpa med sin »universalmaskin», vilken han dessutom tänkte sig monterbar och transportabel. Många ha påstått, att Polsunov endast tänkt sig att driva bälgar med sin maskin, men Danilevskij påvisar, att Polsunov verkligen ämnat sin ångmaskin för drift av alla slags arbetsmaskiner.

Polsunovs första projekt till en atmosfärisk ångmaskin, år 1763, känner man till tack vare:

1. Ett brev till ledaren för bergverken i Kolivano-Voskresenskij, Poroschin, daterat april 1763, med bifogad beskrivning av den atmosfäriska ångmaskinen, kostnadsförslag för densamma jämte förteckning på erforderligt material för dess uppförande. (Dessa brev äro, som ovan nämnts, publicerade i »Ruskaja Starina» november- och decembernumren 1883).

2. En modell till Polsunovs atmosfäriska ångmaskin, bevarad i Bar-

nauls museum. (Efter denna modell är bilden av Polsunovs maskin gjord i »Ruskaja Starina» december 1883, och likaså den av redaktionen utarbetade förklaringen på de olika delarna.)

3. Kopior av ritningar, vilka synas höra till första projektet. Vid jämförelse mellan ritkopiorna och modellen förelåg enligt Danilevskij fullständig överensstämmelse.

I brevet till Poroschin framlägger Polsunov omständligt orsaken till att han försökt finna ett nytt drivmedel: malmfyndigheter, skogar och vattenkraft finnas sällan nära varandra, och han vill nu nedbringa kostnaderna vid utvinningen av metaller genom en värmemaskin, som skall kunna användas till olika arbetsändamål och även göra vattenkraft överflödig. Polsunov framhåller, att det är nödvändigt med praktiska experiment och försök, eftersom kunskapen om ånga och om eldmaskiner ännu inte är så stor, men detta banbrytande arbete »kan bringa ära åt Ryssland och gagn åt hela världen». Polsunov ber underdånigast om erforderliga medel för att konstruera maskinen och för att betala den arbetskraft som behövs vid uppförandet av anläggningen.

Teori.

Polsunovs beskrivning över maskinen och dess delar och drivande krafter upptar, såsom tidigare nämnts, 10 sidor i Ruskaja Starina och innehåller en mängd tecken och siffror, vilka hänföra sig till skisser och ritningar som gått förlorade.

Polsunov talar först om *luft:* från mekaniken vet man, att lufttrycket inverkar på luftens egenskaper, liksom på alla flytande kroppars, något som barometern tydligt visar. Atmosfären som omger oss, har samma tryck mot jorden som 33 fot vatten eller 30 tum kvicksilver skulle ha. Vid beräkning av lufttrycket, mätt med lika stora mängder av olika ämnen, förhåller sig vatten till luft som 1 till 888 1/2, och kvicksilver till vatten som 1 till 14. Experiment visa, att en kubikfot vatten härstädes har en vikt av 1 pud 27 3/8 funt och luften omkring 7 1/4 solotnik. Dessutom äger luften förmåga att expandera vid uppvärmning, varvid dess tryck (elasticitet) ökar betydligt, så att den kan sönderslita fasta hårda kärl och utvidga metallkärl. Vid avkylning däremot förlorar luften spänning och kraft, blir åter tätare och mindre till rymdinnehåll.

Därefter talar Polsunov om *vatten:* fysiken har klarlagt kroppars sammansättning; i flytande kroppar (däribland vatten) finns en mängd håligheter, och där det inte finns någon egen materia, där har naturen strött in luft, som är märkbar blott vid experiment. Dessa

vattnets »luftdelar» utvidga sig vid värme, liksom själva luften, och draga ihop sig vid avkylning, vilket en sprittermometer tydligt visar. Om vatten inneslutes i ett tätt metallkärl och bringas till kokning, sönderfaller luften av värmen och frigör sig ur föreningen, varvid utvecklas en kolossal kraftspänning, så att metallen till slut måste sprängas.

Om *ånga:* vattenånga, säger Polsunov, består av mycket små bubblor med ett skört ytterhölje. Värmen för dem upp i luften, där de bli kvar tills den (luften) förtunnas. Dessa små bubblor kan var och en se genom mikroskop, om man släpper en solstråle genom ett litet hål in i ett mörkt rum och låter ljusstrimman falla över ett kärl med kokande vatten. Hur ångan sedan faller ner och luften intar dess plats och återkommer i jämvikt, har man visat genom fysikaliska experiment: om man bränner av brännvin, brukar det alltid stiga upp ångor i luften, och om luften medelst en pump görs tunnare och proportionellt lättare, så bildas dimma som förlorar jämvikten, kommer i rörelse och rinner nedåt på kärlets väggar, så att övre delen blir klar. Men så fort luft åter strömmar in från omgivningen, försvinner dimman. Härvid bör man komma ihåg, att kokande vatten alltid bibehåller en bestämd värmegrad, vilken ej kan överskridas (vilket också termometrarna bevisa).

Om *värme:* fysikerna äro hittills ej ense (eller ock har det ej blivit oss bekant). Några söka i värmen en materia som rör sig mycket hastigt och är tunnare än luften, av denna rörelse skulle värmet bestå. De räkna värmet som ett element, vilket de bekräfta med experiment därigenom att värmet visar sin kraft även i lufttomt rum, i det det genomtränger porerna, icke blott i flytande kroppar, såsom vatten, luft och kvicksilver, utan även i hårda, såsom metaller, och utvidgar dessa. En viss mängd dold värme finns också spridd över kropparna och kan även uppstå genom rörelse, t.ex. när man gnider två träbitar mot varandra så att eld uppstår, eller på ett särskilt sätt smider snett mot järnet, så att det blir rödglödgat. Man kan också observera, att olika kroppar, som befinna sig i samma luft, liksom av naturen ha olika grad av värme, visserligen icke så stora differenser, men påvisbara med känsliga termometrar. Andra däremot vederlägga allt detta med många lagbundna slutsatser, baserade på experiment, och vilja icke ge värmet någon egen plats i naturen. De anse, att värme uppstår ur friktion och ur den roterande rörelsen hos de okänsliga partiklar (molekyler) av vilka alla kroppar bestå, och vilka enligt såväl ense som

oense mycket framstående kemister bestå av ursprunglig materia, aktiv och passiv. Men vi behöva icke vänta tills detta är helt klarlagt, för oss är det tillräckligt, att maskinens delar, drivna av värmet kunna lyfta erforderlig last med önskad effekt, och så övergå vi till att beskriva maskinens delar och drift.

Maskinens konstruktion.

Maskinens delar: (här ha icke medtagits alla detaljerade mått- och övriga beskrivningar).

2 *kopparcylindrar,* vardera 9 fot hög och med 9 tums innerdiameter, mycket släta och jämna inuti; kolvarna i cylindrarna höjas och sänkas växelvis. Cylindrarna äro upptill förenade med

2 *vattentunnor* av koppar, 1 1/2 fot höga och 2 1/2 fot i diameter. Nertill på varje cylinder finnas

2 *kranar och rör med ventiler* för vattenångan från kitteln (=ångpannan).

Kitteln rymmer 18 kubikfot vatten och 34 kubikfot ånga. Den skall vara av smidd koppar för att kunna motstå ständig eld och ångans tryck. (Diametern upptill är 1/2 fot och på botten 3 1/2 fot). Genom

1 *matarrör* tillförs ständigt så mycket vatten som erfordras. Vidare

2 *rör med kranar* för kontroll av vattenståndet; det ena anbringas ovanför maximalt, det andra under minimalt vattenstånd, så att när den övre ventilen öppnas, ånga måste strömma ut, men vatten när den undre öppnas.

2 *säkerhetsventiler* för ångan,

1 *kran* för att tappa vattnet ur kitteln.

1 *vattenreservoar* av trä, väl tätad och ständigt fylld med så mycket vatten som behövs för att fylla kitteln med hjälp av en pump,

1 *övre vattenreservoar,* som i sin tur står i förbindelse med cylindrarna och de två koppartunnorna.

Medelst kedjor överförs kolvrörelsen till hjul, vilka alltså röra sig fram och tillbaka och i sin tur medelst kedjor komma bälgarna att fyllas med luft. För att luften sedan skall pressas ut genom munstyckena, måste man ha tyngder på bälgarna.

Härefter följer en ingående redogörelse för hur maskinens olika delar sättas i gång vid drift.

Med utgångspunkt från kolvarnas diameter och lufttrycket beräknar Polsunov därefter den effekt, som maskinen kan ge.

Sedan följer en utförlig materialförteckning, ur vilken kan nämnas:

Olika slags rör av koppar: längd 52 famnar, vikt 9 pud 4 funt.

Till kitteln: 20 pud koppar.

Till cylindrarna: 30 pud 9 funt koppar.
Till de 1/2 tum tjocka kolvarna: 1 pud koppar.
Allt som allt behövs 80 pud 25 funt koppar.
8 st. ventiler av bly à 5 funt, inalles 1 pud.

Därefter redogör Polsunov för möjligheten att använda blyrör i stället för kopparrör: det är betydligt mindre arbete att forma rör av bly, blyrören angripas inte av vattnet och äro lättare att laga. Dock är det mycket tyngre med blyrör och vid kitteln och cylindrarna, där värmen är störst, måste man ha kopparrör.

Andra projektet.

Det material som publicerats före Danilevskij om det andra projektet är icke omfattande. I de tidigare nämnda arbetena om Polsunovs ångmaskin, vilka publicerades år 1902 och 1907, funnos också skisser av maskinen i genomskärning, vertikalt och horisontellt, men dessa voro tagna från kopior, icke officiellt vidimerade och icke daterade. Detta har nog bidragit till, att det andra projektet blev så föga känt och alls icke utnyttjat ens i Ryssland. Danilevskij har i arkivet för folkhushållning i Leningrad lyckats finna en fullständig uppsättning originalritningar, med uppfinnarens egenhändiga namnteckning, tydligt daterade och undertecknade av de officiella ledarna för bergshanteringen i Kolivano-Voskresenskij. Det var allt i allt 7 stycken ritningar, mycket välgjorda och utsökt färglagda:

I. Allmänna ritningar till den atmosfäriska ångmaskinen och hela anläggningen: 1) En plan. 2) Vertikal längdgenomskärning. 3) Vertikal tvärgenomskärning.

II. Totalvy av byggnaden, där maskinen monterades upp.

III. Tre ritningar med detaljer till maskinen.

Dessutom fann Danilevskij 10 sidor text med fullständig beskrivning av maskinen och dess detaljer. Alla ritningar och texten voro inbundna i en pärm med samtida ritningar. I registret finns en anteckning, att ritningarna som sammanförts för år 1765 kommo till Petersburg i februari 1766.

Av de återgivna bilderna framgår, att Polsunovs anläggning bestod av:

1. Maskinhus av trä.
2. Pannstation.
3. Den atmosfäriska ångmaskinen: cylindrar med kolvar, ångdistribution, system av ångrör och ventiler.
4. Matarvattensystem: vattenreservoarer, vattenrör, pumpar.
5. Transmissionsmekanism: balanser, dragkedjor, gaffelstänger.

6. Blåsbälgsanordning: kilformiga blåsbälgar, luftledande och luftdistribuerande (el. -reglerande) anordningar, munstycken.

7. Smältugnar.

Alla de av Danilevskij publicerade ritningarna äro daterade i december 1765, d.v.s. när hela anläggningen var färdigbyggd så när som på blåsbälgsanordningen, smältugnarna och skorstenen. Danilevskij har mera detaljerat beskrivit ritningarna i sitt arbete »Den första anläggningen med värme som kraftkälla, projekterad och byggd i Ryssland», publicerad i tidskriften »Vetenskapens och teknikens historia». Vetenskapsakademien i SSSR, 1937, nr 10.

Med hjälp av det funna materialet beskriver Danilevskij Polsunovs maskin på följande sätt:

Hela anläggningen var 13 m hög. Maskinhuset var av trä och byggt i fyra våningar för själva maskinen men blott i en våning för blåsbälgsanordningen. Pannan hade formen av en stympad kon med ett halvklotformigt lock och liknade alltså den av Schlatter beskrivna. Tillbehören voro också desamma som hos Schlatter, säkerhetsventil, provkranar, rör för påfyllning och genomblåsning. En originaluppfinning av Polsunov är emellertid apparaten för automatisk matning. Upp och ner i pannan rörde sig en flottör, förenad med muffarna, som gled utmed matarrören. Vid för lågt vattenstånd i pannan sjönk flottören och öppnade en ventil vid nedre änden av matarröret. Allt eftersom pannan fylldes, steg flottören i det den gled på muffarna utefter matarröret och täppte till matarventilen.

Ångtrycket i pannan översteg icke 0,172 atö. Själva ångmaskinen bestod av två cylindrar med kolvar, som arbetade i var sin riktning. Varje kolv var förenad med en stor balans, vars motsatta del medelst dragkedjor var förenad med en blåsbälg. I första projektet tänkte Polsunov använda ett system av skivor i stället för balanserna, såsom framgår av bilden av modellen, men av någon anledning avstod han härifrån på de senare utarbetade skisserna och vid byggandet av maskinen.

Arbetsprocessen.

Arbetsprocessen i cylindrarna fullföljdes i ett ång-atmosfäriskt kretslopp, som till fullo motsvarade arbetskretsloppet i cylindrarna på den vanliga Newcomen-maskinen. Här utnyttjade Polsunov allt som tidigare försök lett fram till, men han tillämpade den gamla ång-atmosfäriska principen i en maskin av ny konstruktion och med helt nya egenskaper. Därför måste han lösa följande uppgifter: han måste uppfinna ett originalsystem för ång- och vattentillförsel, baserat på

mekanismens rörelse fram och tillbaka, och konstruera en ångdistribution för en tvåcylindrig motor. De viktigaste delarna i Polsunovs ångdistribution voro: en gaffelstång, två järnhandtag och en stor tillbakakastande hammare, ett kugghjul med järnaxel, en kuggstång, som överförde rörelsen till ett andra kugghjul, axellager och stötdämpare av bly för hammarslagen, ett horisontellt kugghjul med vertikal axel och en ångregulator, ett vertikalt kugghjul, förenat med den vattendistribuerande kranen.

Maskinens vattendistributionssystem bestod av följande delar: tre vattenreservoarer, cistern för matarvatten, ett system av vattenledningar med kranar, ventiler och vattenståndsglas, matarpumpar samt en handdriven hjälppump. Man bör lägga märke till den s.k. varmvattenreservoaren: hit rann det nyttjade varma vattnet från cylindrar etc. och härifrån fördes det åter tillbaka till matarcisternen. Härigenom löste Polsunov frågan om, hur man skulle använda det varma spillvattnet, och pannan matades vid drift enbart med varmt vatten. Tack vare denna automatiska mataranläggning och några andra anordningar åstadkom Polsunov med undantag för eldningen fullständig automatisk drift av anläggningen i dess helhet.

Bälgarna.

Blåsbälgsanordningen bestod enligt ritningarna av två oerhört stora kilformiga bälgar, vilka ej skilde sig från den tidens bälgar annat än till storleken. På ritningarna ser man också ugnarna men med en anmärkning nertill på papperet, att ugnarna skola byggas till senare. De byggdes också först efter uppfinnarens död och då endast tre i stället för åtta, som ritningarna visade. Den blästerluft, som blev över och som skulle kunnat räcka för ytterligare 6—9 ugnar, släpptes i stället ut i det fria.

Provkörning.

Efter att ha övervunnit alla motgångar och svårigheter kunde Polsunov provköra maskinen mot slutet av år 1765. Eftersom blåsbälgsanläggningen inte var färdig, lastade man balanserna med tyngder. Detta prov var framgångsrikt. Därefter samlades ritningarna till den redan färdigbyggda maskinen, undertecknades av Polsunov och skickades till Kabinettet i Petersburg. Den 21 april rapporterade Polsunov, att han byggt maskinen färdig och ställt upp den vid smältugnarna, och anhöll samtidigt om att på grund av sjukdom helt entledigas från detta maskinbygge. Kort därefter, den 16 maj 1766, avled Polsunov, endast några dagar innan hans stora livsverk, den atmosfäriska ångmaskinen, provkördes i sin helhet. De svårigheter, som uppstodo härvid, skulle med lätthet övervunnits av konstruktören, men för hans

medhjälpare, som skulle fullfölja hans verk, blevo de ibland nästan oövervinnliga. Så t.ex. visade det sig, att det inte var tätt mellan kolvarna och cylinderväggarna (samma svårighet hade senare även James Watt att kämpa med). Man försökte använda mer kork för tätning men utan att uppnå önskat resultat och prövade t.o.m. att fästa näver på kolvarna.

I praktisk drift.

Trots dylika misslyckanden visade proven maskinens stora arbetsmöjligheter. Mellan 23 maj och 4 juli provkörde man 5 gånger. Därefter beslöt man att sätta maskinen i drift för arbete och byggde härför tre smältugnar. Den 7 augusti 1766 kl. 2 em. kunde man sätta i gång maskinen, och den arbetade därefter tillfredsställande ända till den 10 november s.å. Under dessa tre månader stannade man maskinen endast fem gånger. Sammanlagt arbetade maskinen 1 122 timmar. Varken under proven eller under arbetsgången visade sig någon brist eller någon störning beroende på felkonstruktion av Polsunov. Det var på grund av läckage i pannan, som man måste stanna maskinen den 10 november: man hade icke i tid beaktat, att det valv, som Polsunov konstruerat för att skydda den tunna provisoriska pannan från direkt eld, så småningom blivit sönderbränt.

Under den tid maskinen betjänade ugnarna smältes i dessa 14 pud 38 funt 17 solotnik 42 dolia silver och 14 funt 22 solotnik 75 dolia guld, till ett värde av 18 471 rubel 62 kopek, medan utgifterna (byggandet av ångmaskinen och ugnarna samt smältningen av malmerna) uppgingo till 7 455 rubel 51 3/4 kopek. Under endast tre månader blev nettoförtjänsten alltså 11 016 rubel 10 1/4 kopek. Och då utnyttjades ju endast 1/3 av maskinens kapacitet.

Efter den 10 november sattes Polsunovs ångmaskin icke mer i gång. Man vet inte varför den inte reparerades och användes även i fortsättningen vid smältugnar. Visserligen var den byggd vid ett smältverk med tillgång till vattenkraft, men den var ju monterbar och transportabel just med tanke på gruvdistrikt utan vattenkraft. Ända till 1779 stod maskinen där utan att användas på något sätt. Men då kom en ukas från regeringen med befallning, att ångmaskinen skulle monteras ned, trävirket användas på något sätt och »maskindelarna bevaras, om det i framtiden skulle behövas en dylik maskin på någon plats, där den på grund av vattenbrist skulle kunna användas till större nytta». Man känner inte heller till vad det sedan blev av maskindelarna. I över hundra år var såväl Polsunov som hans ångmaskin bortglömda.