

NSV LIIDU KOSMOSE  
UURIMISPROGRAMMI ALANE  
LEPINGULINE KOOSTÖÖ  
TOOTMISKOONDISEGA “ENERGIA”

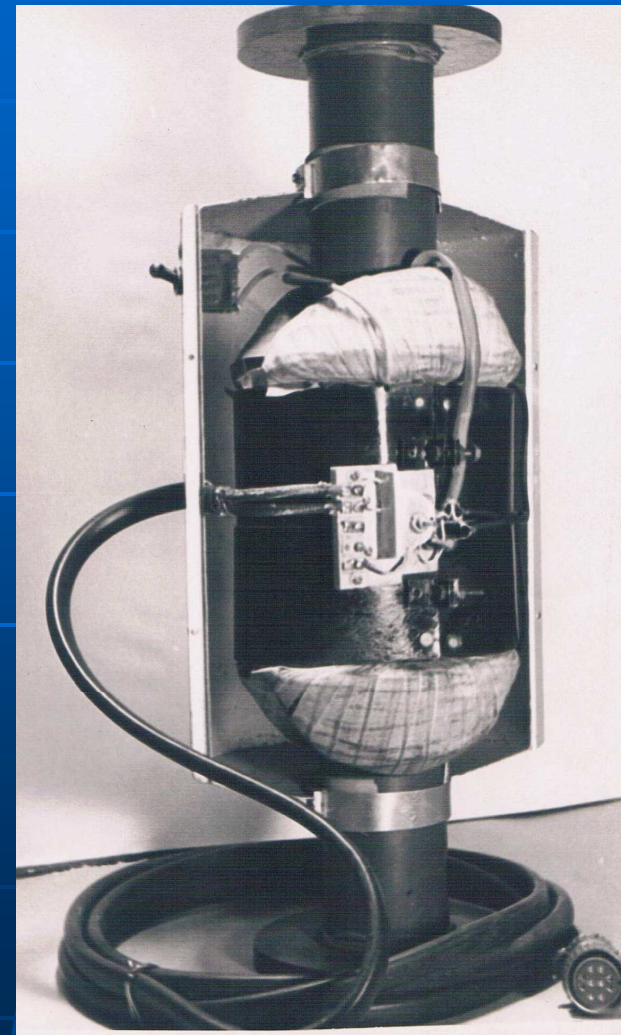
KIIRETOIMELISTE VOOLUHULGA MÕÕTURITE  
SEERIA “MOMENT” LOOMINE  
TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI  
HÜDRAULIKA LABORATOORIUMIS 1958-1991

## EELLUGU

- - Ajakirja L'Energia Elettrica 1954 aasta veebruarikuu numbris ilmus artikkel "Apparecchiatura elettromagnetica per la misura delle velocita nelle correnti liquide". Selles oli kirjeldatud elektromagnetilise vooluhulga mõõtmise meetod koos töötava mõõteaparatuuri skeemiga. Seda võimalust vooluhulga mõõtmiseks oli esimesena kirjeldanud juba Faraday, kes pakkus seda Thamesi jõe vooluhulga mõõtmiseks kasutades maa magnetvälja. Loomulikult ei olnud Faraday'l oma eluajal võimalik oma ideesid tehniliselt realiseerida.
- Ülalnimetatud artikkel sattus veel samal 1954 aastal TPI vesi-ehituse laboratooriumisse, peale TPI hüdrotehniliste ehitiste eriala lõpetamist, tööle asunud Uno Liivi kätte. Ajapikku otsustas ta proovida artiklis esitatud skeemide põhjal ehitada samasuguse mõõteriista. Hiljem kui esimene töö vilja kandis, siis seda kasutati kandidaadi väitekirjas kerkinud mittestatsionaarsete (ajas kiirelt muutuvate) hüdrauliliste probleemide lahendamiseks.

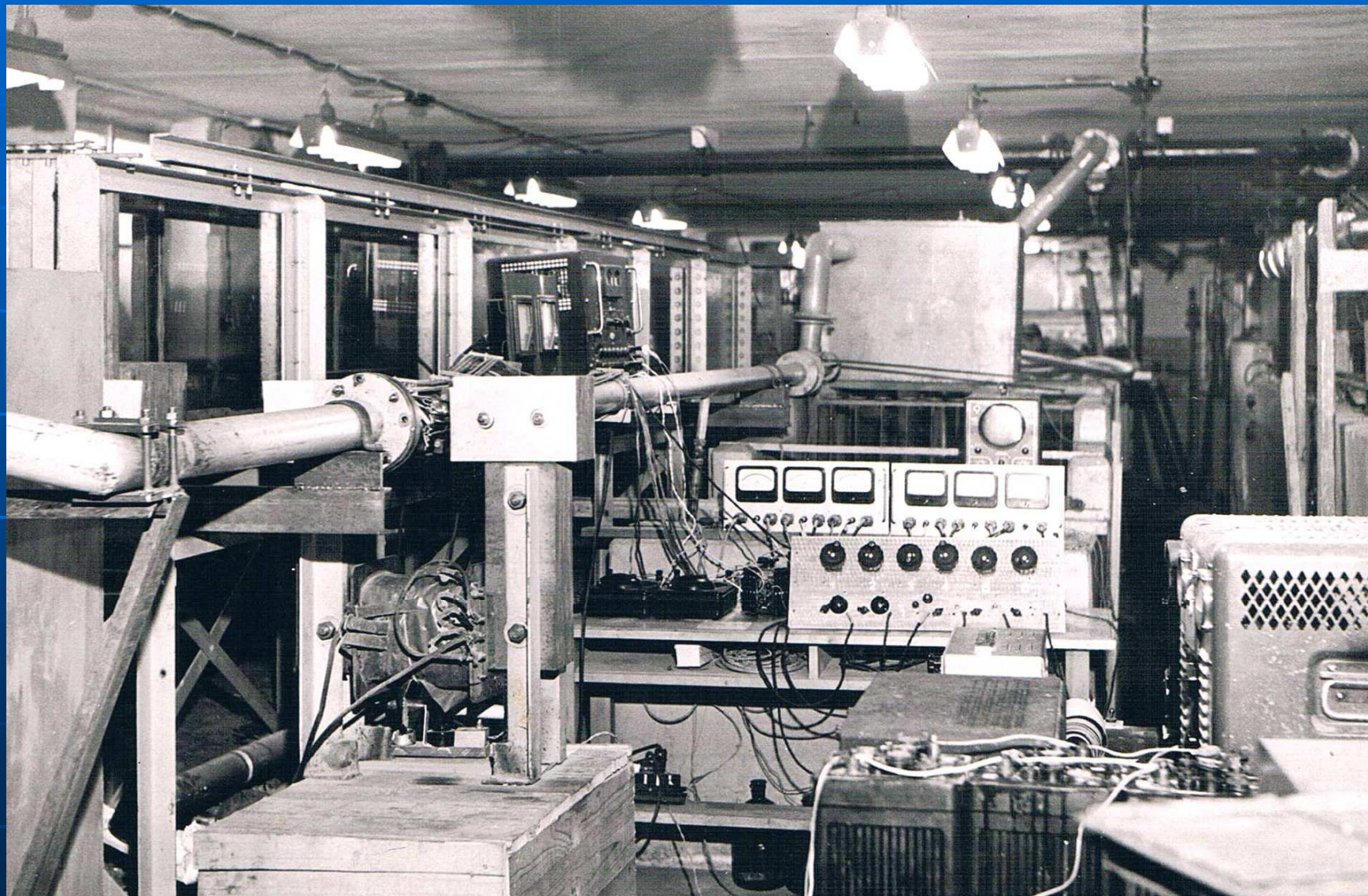
# ESIMENE TPI-s E HITATUD ELEKTROMAGNETILISE VOOLUHULGA MÕÕTURI TÖÖTAV ANDUR

- Õnneks kasutati Eesti NSV kalalaevastikus sellel ajal Saksa DV-s valmistatud raadioaparatuuri, milles raadiolampidena kasutati samasuguseid kui itaallaste lampvõimendites ja kalameeste käest saadud varuosade abil kogu see töö algas.
- Elektromagnetilise vooluhulga mõõturi elektroodidel tekib väga madal pinge millivoltides ja seepärast on võimendid tundlikud "välismürade" suhtes. Peale mitmekordseid ebaõnnestunud katsetusi koitis lõpuks ka edu: valmis esimene töökorras omakäeliselt ehitatud võimendi.
- Juuresoleval pildil on näha esimene 1958 aastal ehitatud vooluhulga mõõturi andur. Anduri toru oli valmistatud vinüülplastist ja varustatud samast materjalist äärikutega. Magnetvälja tekitamiseks kasutati kahte sadulakujulist mähist, mida toideti 50 Hz võrgust.



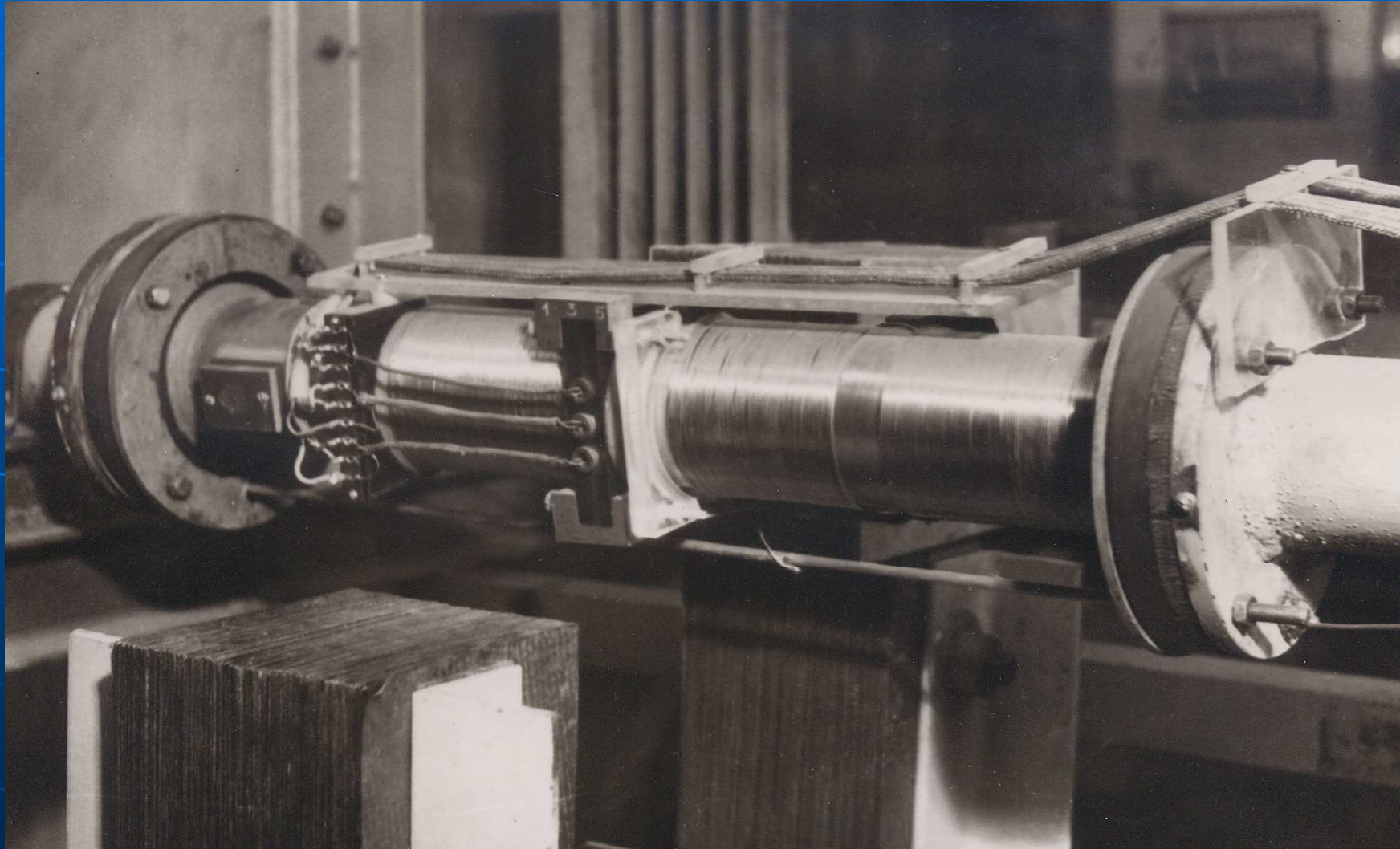


# VÄLISMAGNETIGA KATSESEADE KUUE VÕIMENDI JA SELSIINMOOTORITEGA





LOKAALSETE KIIRUSTE JA KESKKIIRUSE  
MÕÖTESÕLM  
(ÜKS MAGNETI POOLUS ON EEMALDATUD)



# MÕÖTESÕLME SISEVAADE KOOS 5 LOKAALSE KIIRUSE ANDURIGA. TORU SEINAS ON NÄHA ELEKTROODID VOOLUHULGA MÕÕTMISEKS

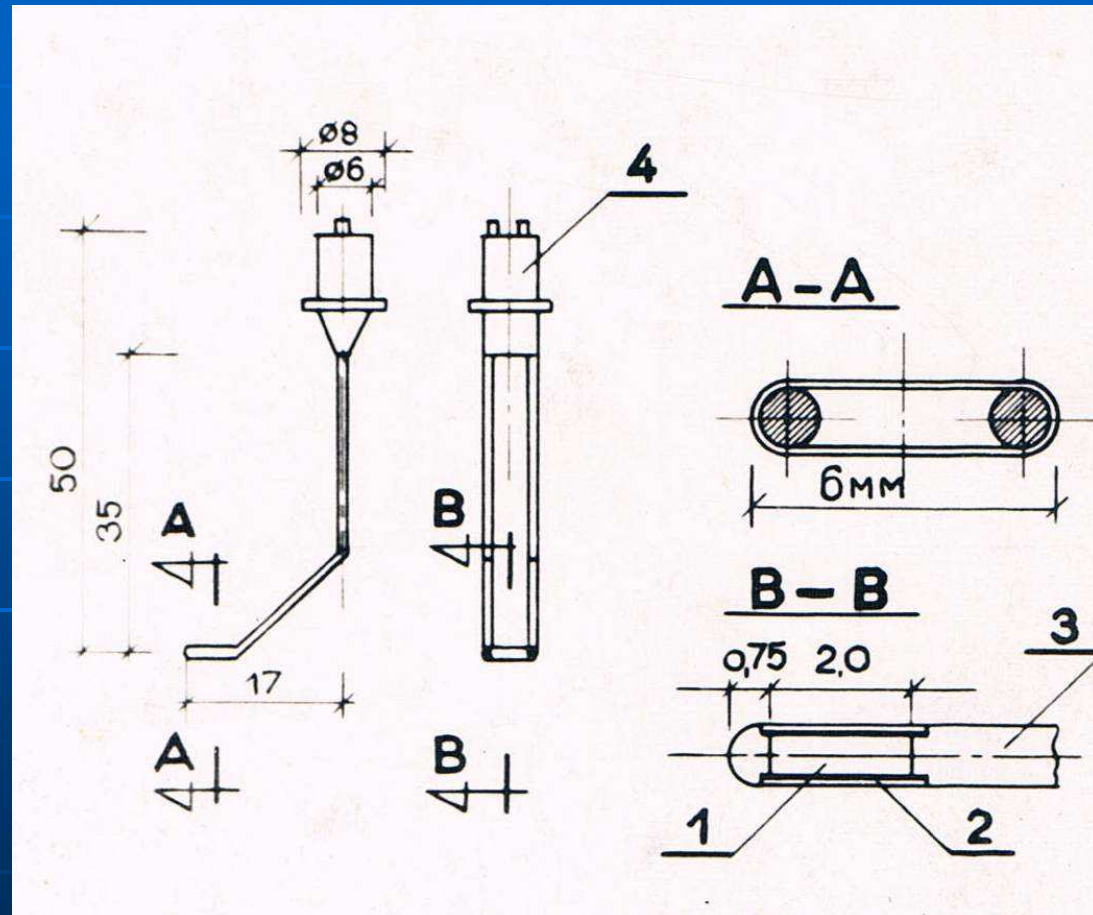
- Eelnevatel fotodel on näha 6 võimendi kanaliga stand, mille lokaalse kiiruse mõõtmiseks oli torusse paigutatud 5 elektroodide paari. Magnetväli tekitati 25 Hz välismagneti abil. Kuues grafiidist valmistatud elektroodide paar oli ette nähtud toru ristlõikest läbi voolava vooluhulga mõõtmiseks.
- Null vooluhulgale vastava signaali võimendi nullsignaali reguleerimiseks kasutati selsiin-mootoreid.
- Eelneval fotol 5 on üks magneti poolustest eemaldatud.
- Aparatuuri kasutati Leningradi Polütehnilises Instituudis 1965 a. kaitstud väitekirja "Kokkusurumatu vedeliku mittestatsionaarne liikumine jäikades survetorudes" eksperimentaalosa teostamisel.





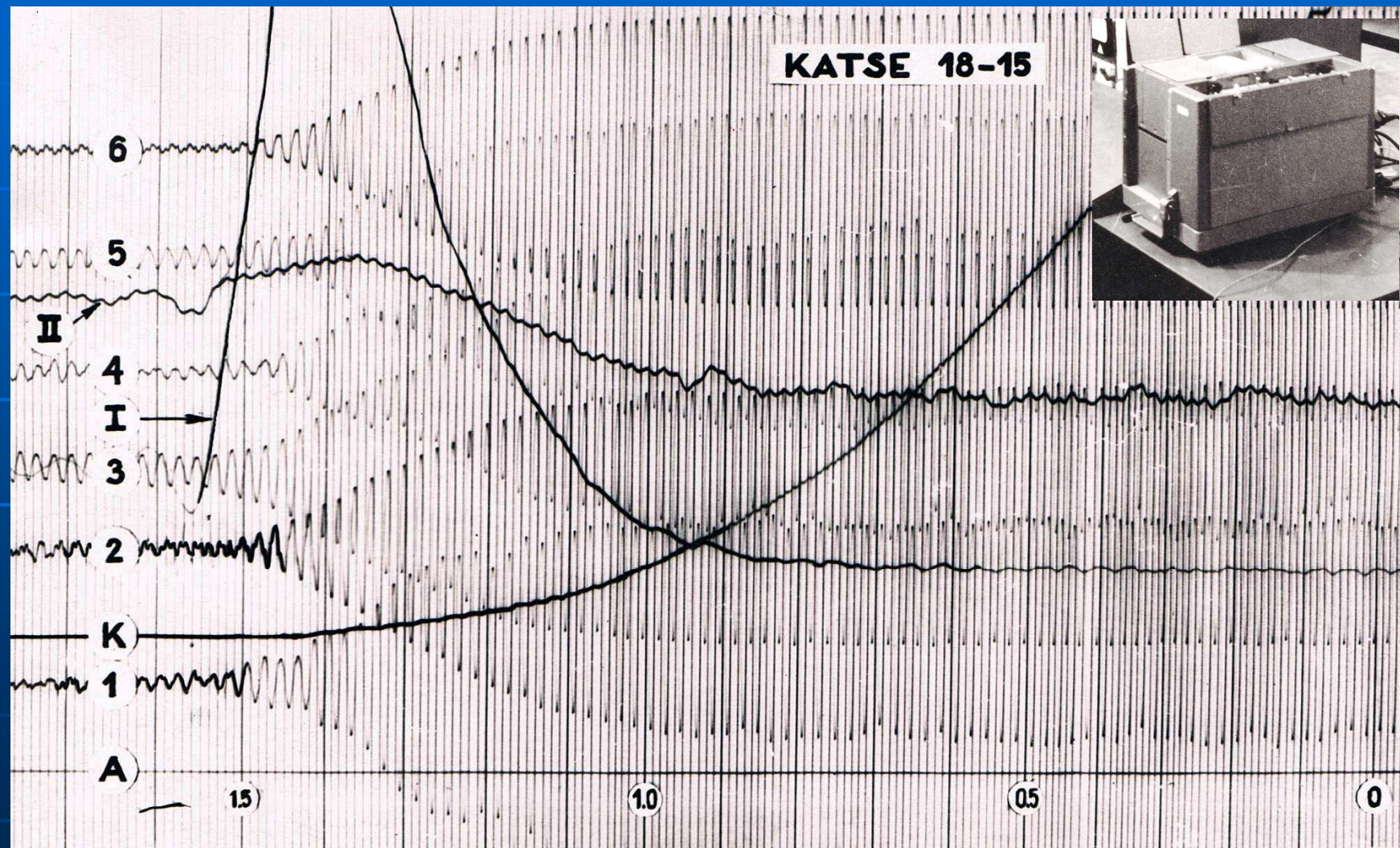
# ÜKS ANDURITEST ELEKTROMAGNETILISEL MEETODIL TORUS LOKAALSE KIIRUSE MÕÕTMISEKS

- Toru ristlõikes lokaalse kiiruse mõõtmiseks kasutatud andur
- 1. platinast elektroodid olid kaetud paatinakihiga
- 2. kile ristsuunalise kiiruse komponendi mõju välistamiseks
- 3. isoleeritud vasktraat
- 4. plastmassist fiksaator





# KATSEANDMETE REGISTREERIMINE TOIMUS FOTOTUNDLIKULE PABERILE SEISMILISE OSTSILLOGRAAFI ABIL



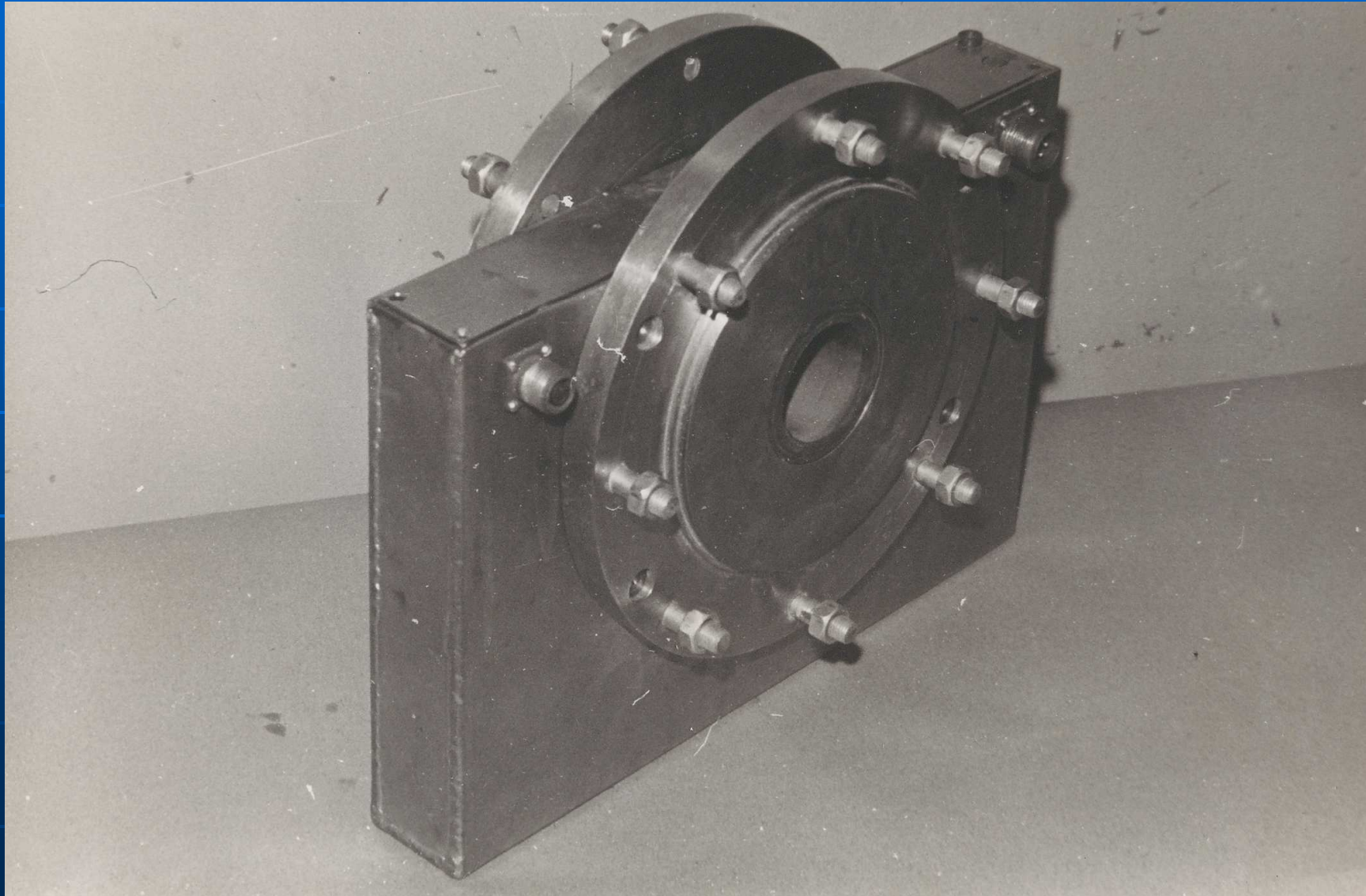
# KATSEANDMETE REGISTREERIMINE JA EDASISED ARENGUD

- Vaadeldaval ajajärgul puudusid elektronarvutid ja seetõttu katseandmete registreerimiseks kasutati ostsillograafe.
- Koplis, peamaja keldris, asunud vesiehituse laboratooriumis oli kasutusel 32 kanaliga seismiline ostsillograaf OC-27-51 või hiljem H107 (eelmise lehekülje pildil ülanurgas), mille abil valguskiirega registreeriti näidud fotopaberile. Peale iga katset oli vaja fotopaberi rull ilmutada ja kinnitada tavalise fotograafiast tuntud menetluse teel.
- Eelmisel slaidil on esitatud üks sellel ajal teostatud katse 18-15 tulemus:
  - Numbritega 1-6 tähistatud 25 Hz siinuselise amplituudi muutumine näitab kiiruse muutust antud ristlõikes,
  - I ja II esitavad hüdrodünaamilise rõhu muutust kahes ristlõikes,
  - A - aja telg: kahe vertikaalse jämedama joone vahe on 0,1 sek.
  - Niisuguse ostsillogrammi töötlemine kujutas endast üpris töömahukat protsessi.

Kui senini oli kõik sellega seotud tööd teostatud praktiliselt omade kätega nõ "katseeksituse meetodil", siis olukord muutus järsult peale seda, kui 1966 aastal saabus Tallinna tehase p.k. B- 2572 (tänapäeval "S. P. Koroljovi nimeline raketi-kosmiline korporatsioon "Energia") esindaja Sergei Rjabtsev, kes tegi ettepaneku selle tehase ja TPI vaheliseks koostööks lepingulisel alusel. Teatavasti oli omal ajal tehase asutajaks akadeemik S.P. Koroljov, keda on nimetatud N. Liidu kosmoseprogrammi isaks. Samal aastal sõlmitud esimesest lepingust sai alguse pikaajaline koostöö elektromagnetiliste vooluhulga mõõturite ehitamisel, mis kestis 1991 aastani.



ESIMENE VOOLUHULGA MÕÕTURI "MOMENT 3"  
D=60 MM LÄBIMÕÕDUGA LÜHIKE ANDUR L=4D





KIIRETOIMELINE VOOLUHULGA MÕÕTUR  
MOMENT 3  
KOOS ANDURI TOITEPLOKIGA БП-500 TÖÖSAGEDUSEGA 500 Hz





ALALISMAGNETIGA KIIRETOIMELINE VOOLUHULGA  
MÕÖTUR MOMENT 4 VÕIMENDUSPLOKK KOOS  
ELEKTROODIDE POLARISATSIOONI  
KOMPENSATSIOONISÜSTEEMIGA





KIIRETOIMELINE VOOLUHULGA MÕÕTUR  
MOMENT 5  
KOOS ANDURI TOITEPLOKIGA БП-2500  
TÖÖSAGEDUSEGA 2500 Hz





# MOMENT – 6 VÕIMENDI



# MOMENT – 007 VÕIMENDI KOOS 65 MM LÄBIMÕÕDUGA ANDURIGA





# VOOLUHULGA MÕÕTURI ANDURID LÄBIMÕÕTUDEGA 65, 200 JA 300 mm



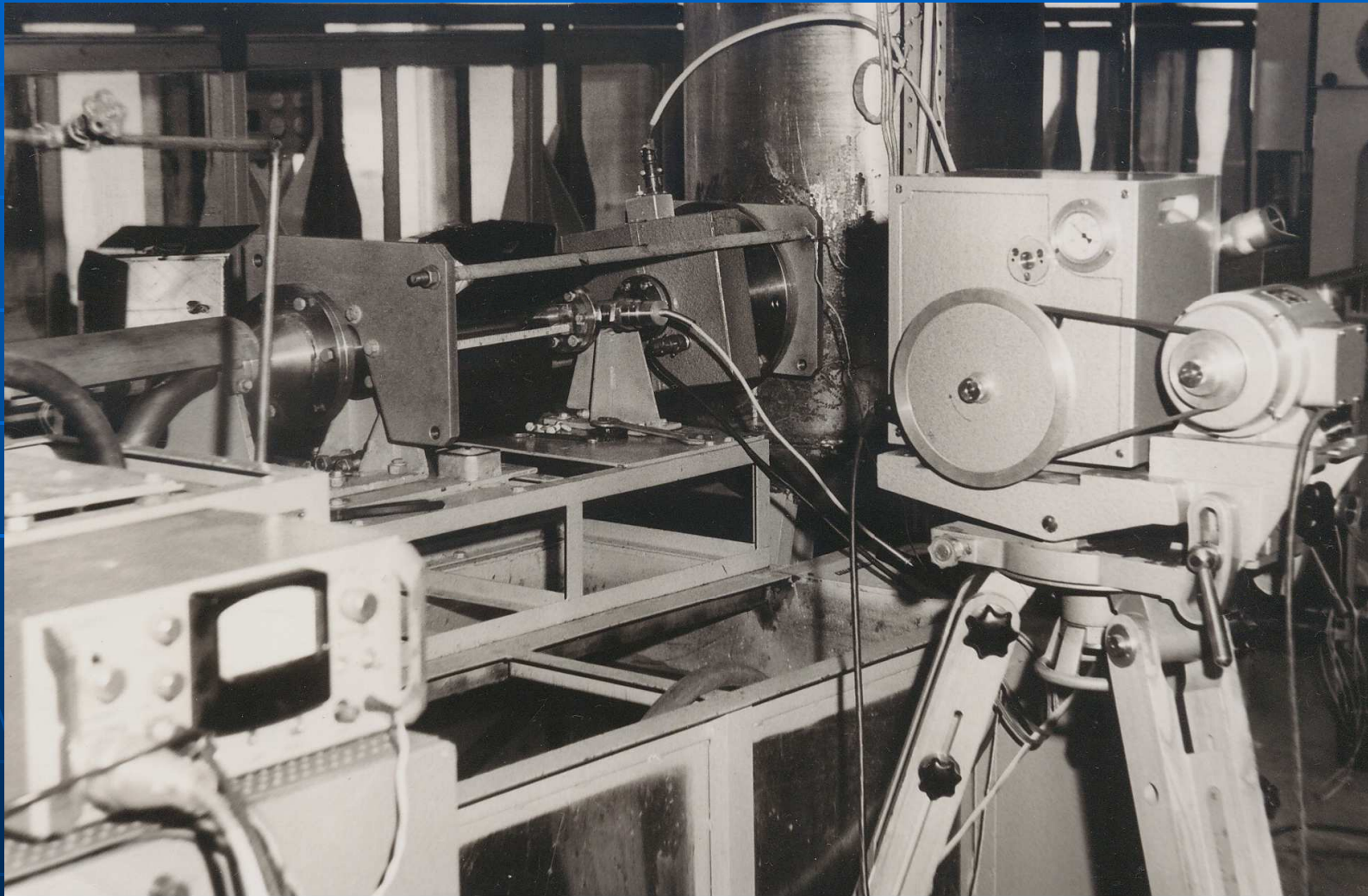


## SUURE LÄBIMÕÕDUGA ANDURITE DÜNAAMILISE KALIBREERIMISE STEND MILLES UJUKI JÄLGIMISEKS KASUTATI LASERKIIRT

- Kõikide lepinguliste tööde alusel tellijale ehitatud elektromagnetiliste mõõturite töö põhinoudeks oli hüdraulilistes süsteemides kiirendusega kuni  $1000 \text{ m/s}^2$  liikuva vedeliku võimalikult täpne mõõtmine.
- See eeldas võrgusagedusest  $50 \text{ Hz}$  kõrgemaid magneti toitesagedusi ja kogu mõõteriista dünaamilist kalibreerimist.
- Dünaamiliseks kalibreerimiseks ehitati sellel ajal erilised hüdraulilised stendid, milles mitmesuguste meetoditega määrati koos kiireneva vedelikuga liikuva vee erikaaluga ujuki liikumiskiirust.

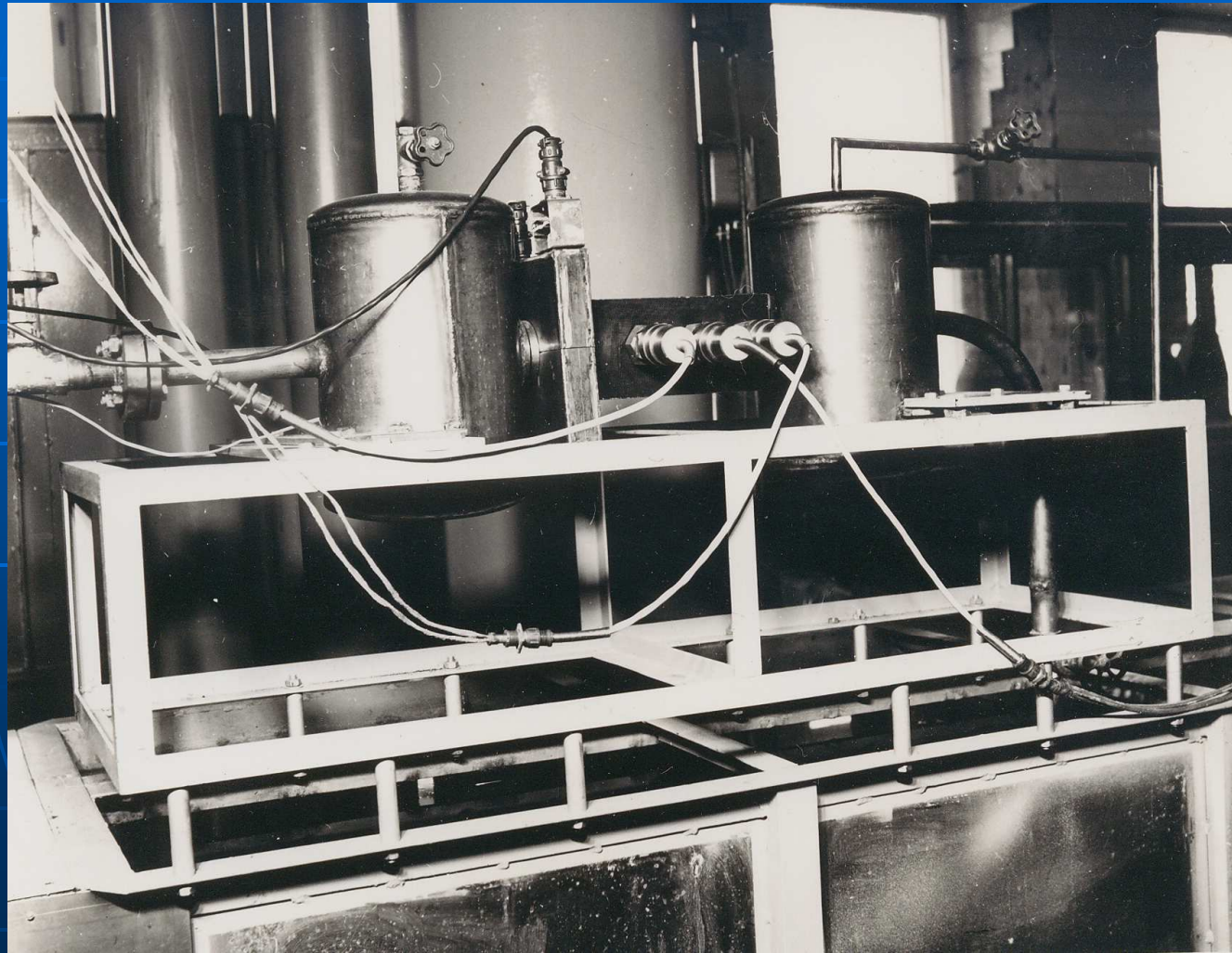


# MOMENT 5 DÜNAAMILINE KALIBREERIMINE UJUKI JA KIIRKAAMERA ABIL

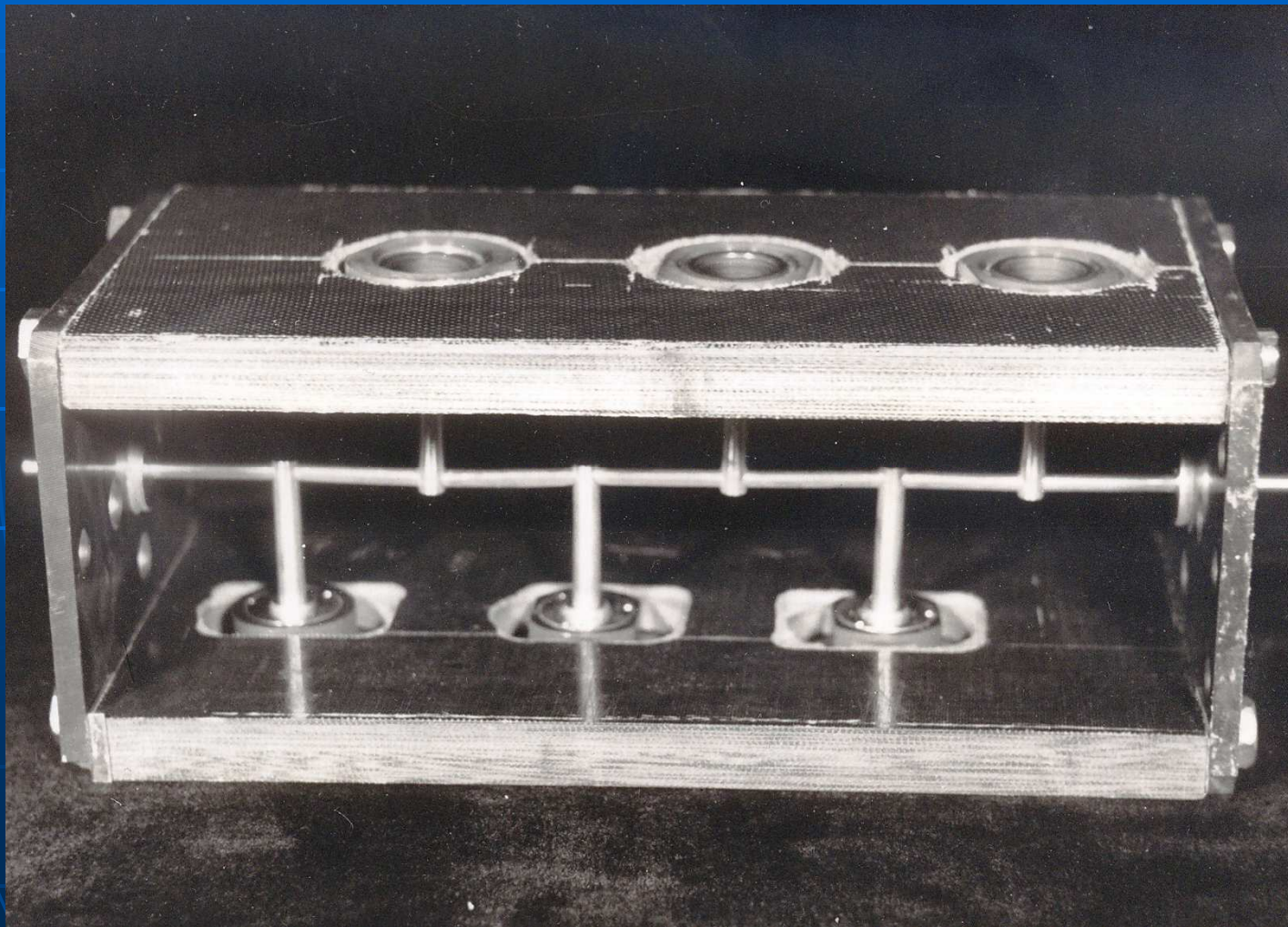




# STEND JAHUTUSSÜSTEEMI TORUSTIKE KRIITILISE SOOJUSKOORMUSE MÄÄRAMISEKS

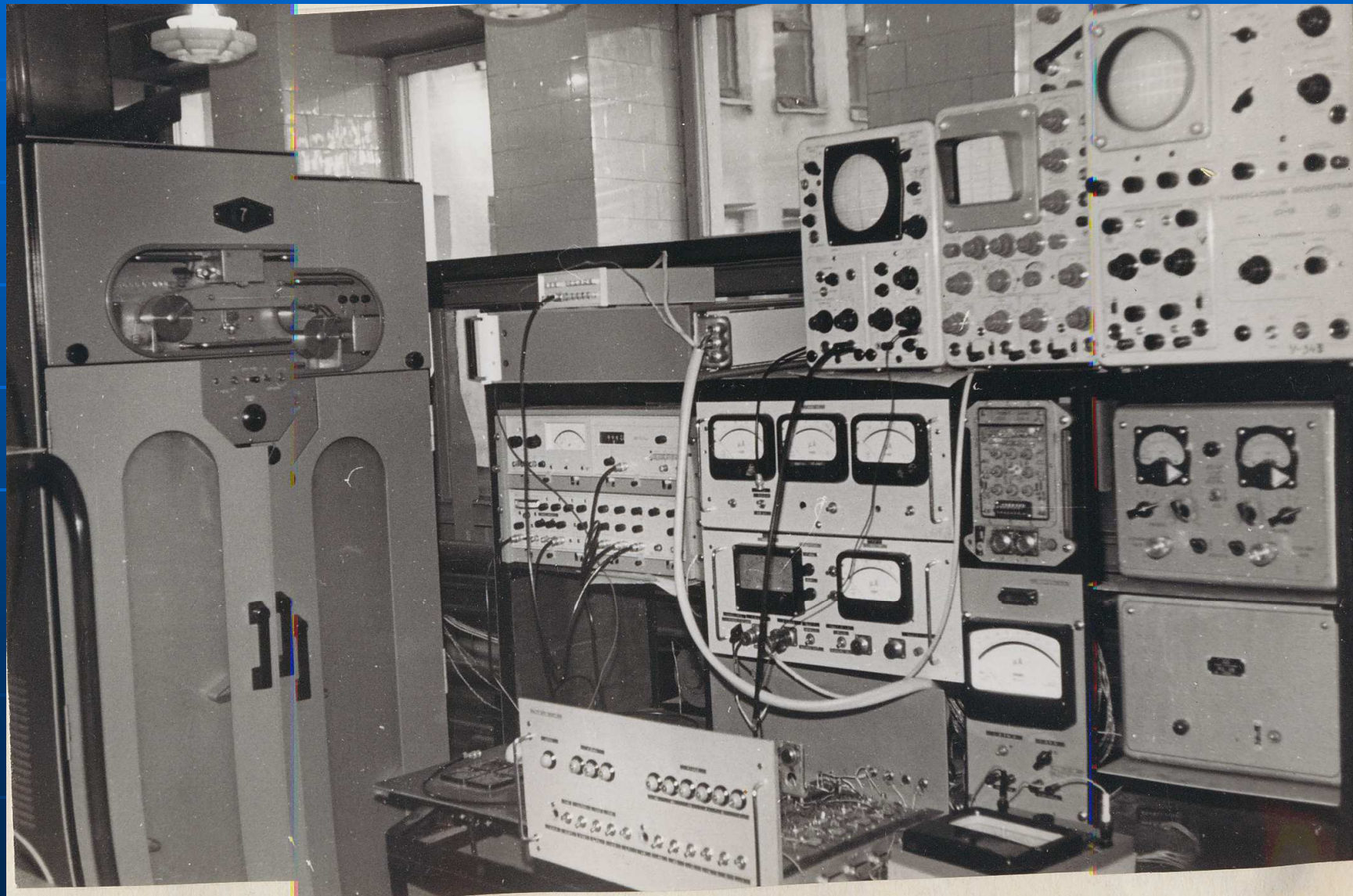


KATSETORUSTIKUS LÄBIMÕÕDUGA 3 MM MÕÕDETI PIKI TORU  
KUUES PUNKTIS PULSSEERUVAL VOOLAMISEL KÕRGETE  
SOOJUSKOORMUSTE KORRAL SOOJUSKANDJA AURUSTUMISE  
TAGAJÄRJEL TORU SEINA HÄVIMISE ALGMOMENT



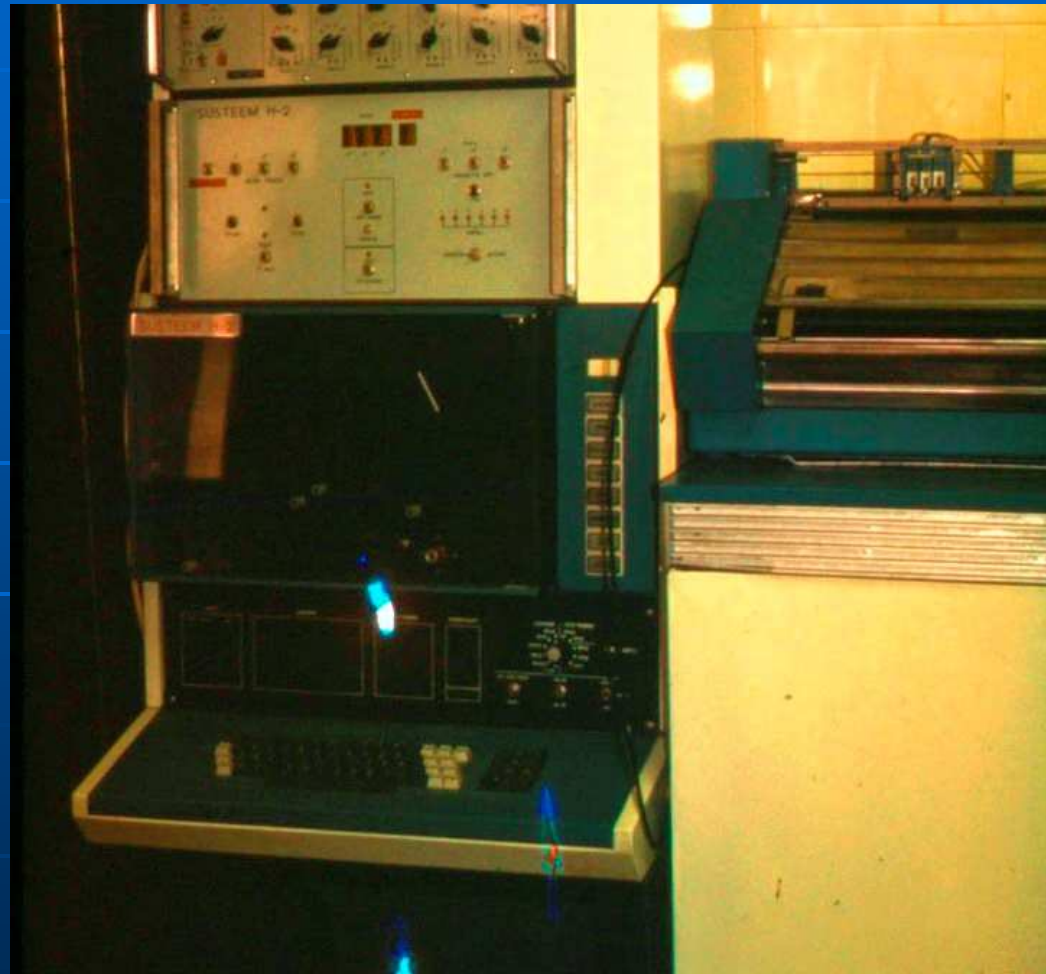


# KATSEANDMETE SALVESTAMISE SEADE ARVUTI MINSK-22 MAGNETLINDI KAPI BAASIL



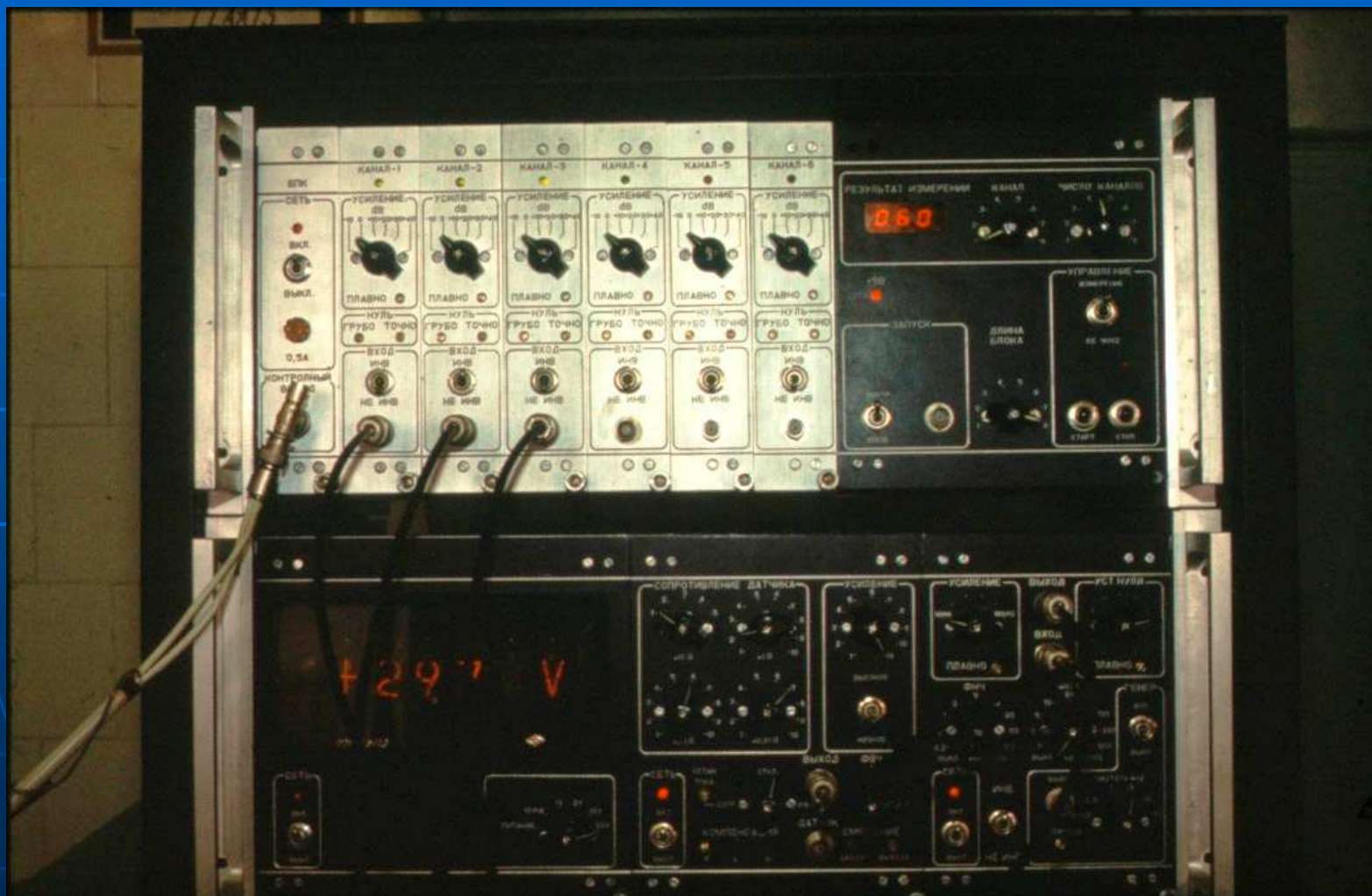
# KATSEANDMETE SALVESTAMISE SEADE ARVUTI MINSK 32 MAGNETLINDI KAPI JA PLOTTERI BAASIL

- Magnetlindile salvestatud katseandmed töödeldi sellel ajal TPI arvutuskeskuses kasutusel olnud arvutite abil.
- Arvuti Minsk 22 vananedes tekkis vajadus üle minna katseandmete salvestamisel uuele Minsk 32 arvutile.
- Selleks loodi laboratooriumis ehitatud skeemide põhjal Minsk 32 lindikapi ümberehituse tulemusena uus katseandmete registreerimise seade. Kogu seade sisaldas ka tulemuste väljastamiseks ka Minsk 32 plotterit.
- Järgmistel slaididel on esitatud selle seadme kommertsvariant H-2, mida valmistati lepinguliste tööde alusel.

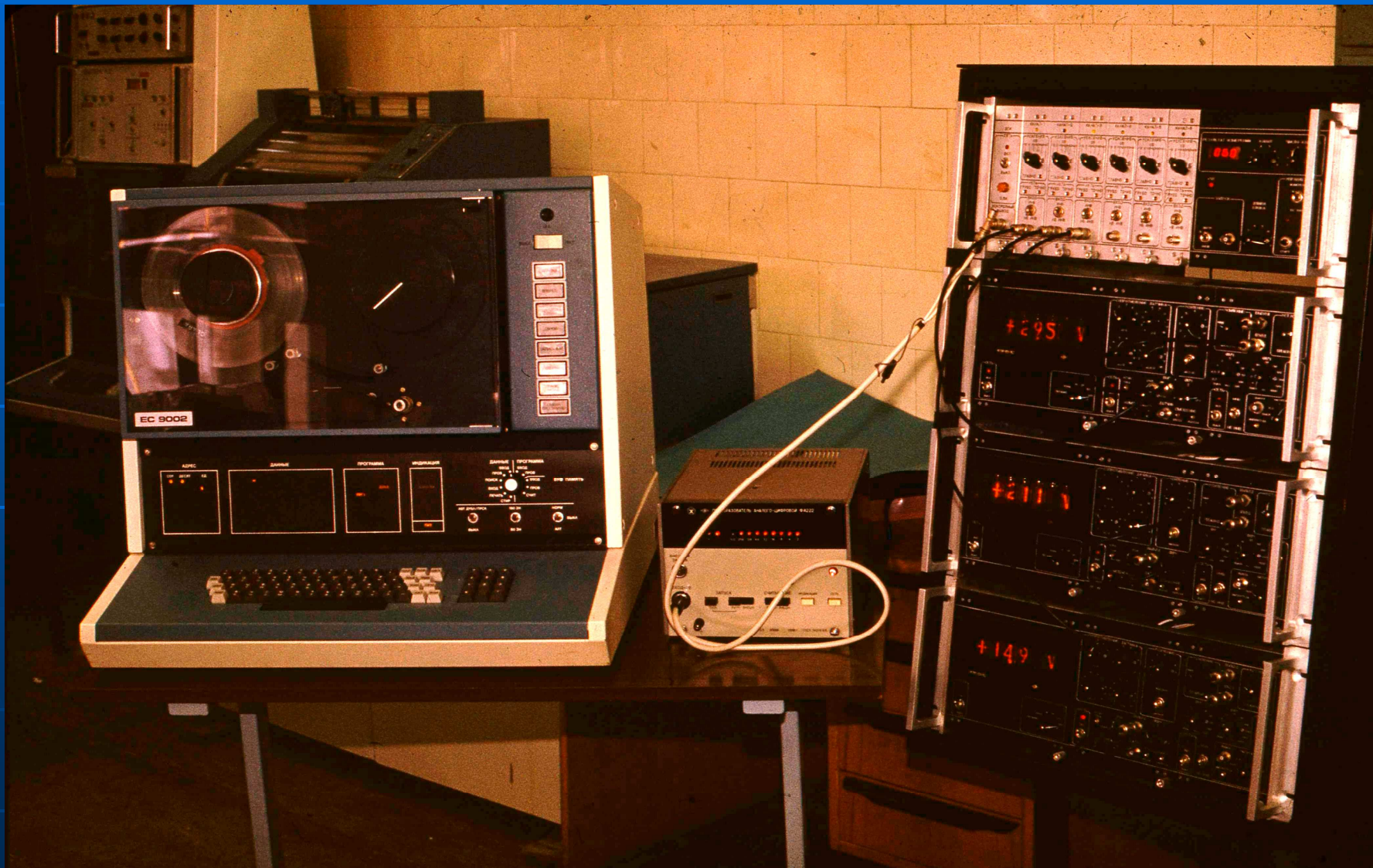




# ANALOOGSIGNAALIDE KOMMUTEERIMISEKS JA VÖIMENDUSEKS EHITATUDD 6 KANALIGA 12 BITINE SEADE



# 8 KANALIGA AUTONOOMNE KATSEANDMETE SALVESTAMISE KOMPLEKS H-2





KATSETE REAALAJAS TÖÖTLEMISEKS KASUTATI  
ALATES 1986 AASTAST LEPINGULISE TÖÖ TÄITMISEKS  
ERALDATUD ARVUTIT CM-4

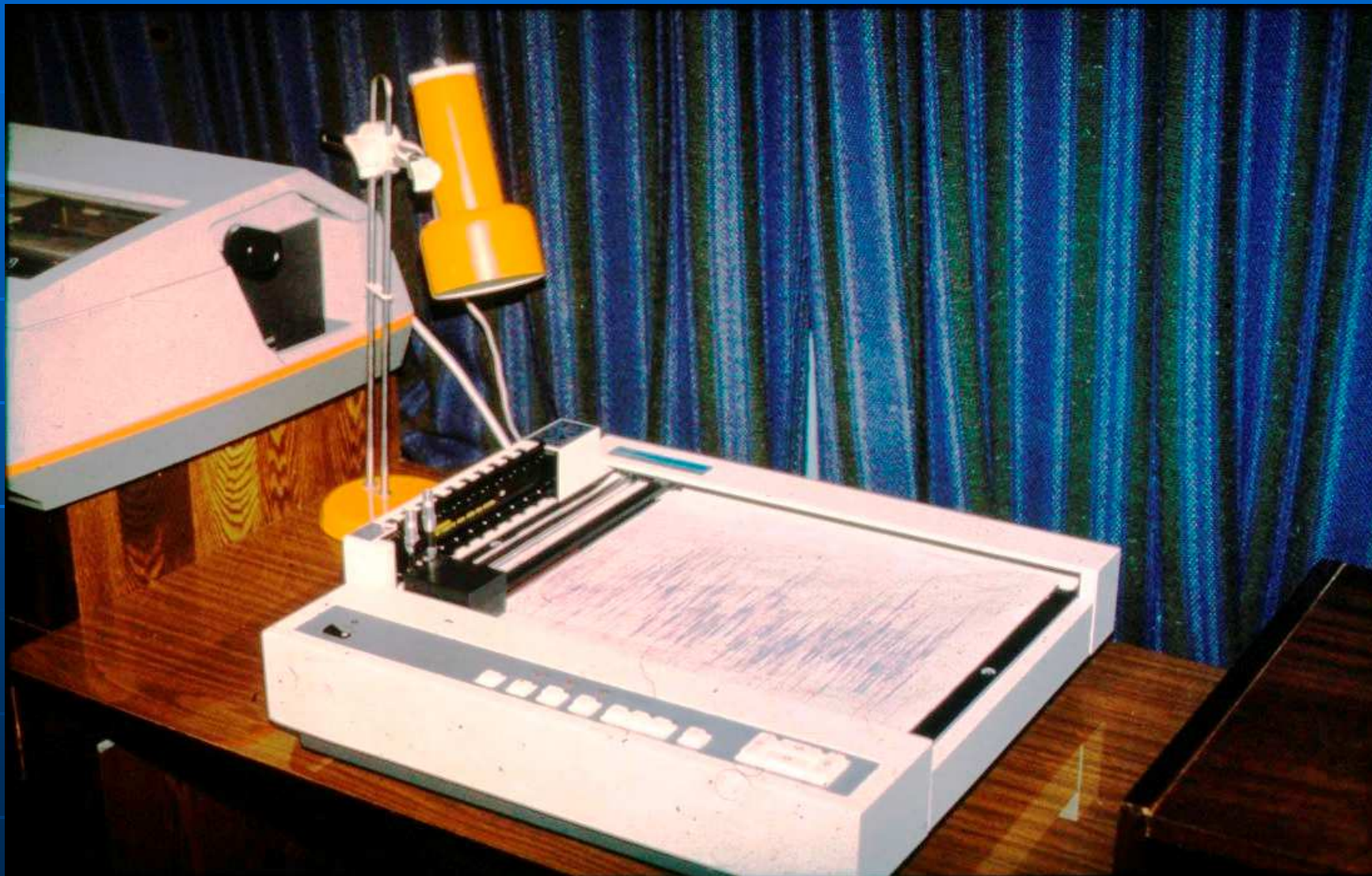


# SAMAST AJAST ALATES TOIMUS LOKAALSETE KIIRUSTE MÕÕTMINE FIRMA DANTEC 2D LASERANEMOMEETRI ABIL





# ARVUTIGA CM 4 OLI ÜHENDATUD TULEMUSTE MITMEVÄRVILISEKS ESITAMISEKS PLOTTER



# KOKKUVÕTTEKS

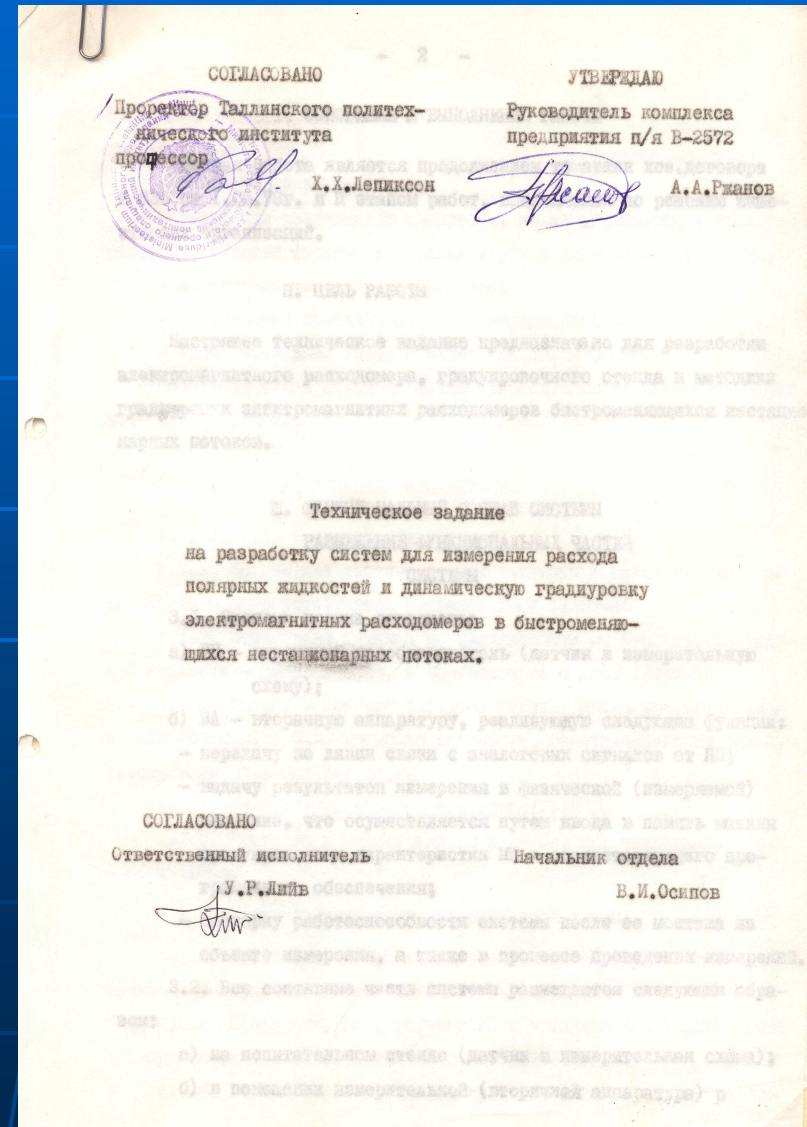
- Kogu koostööprogrammi jooksul loodi kokku 8 erineva konstruktsiooniga elektromagnetilise vooluhulga mõõturi võimendit (Moment 3 ..... Moment 10).
- Võimendid olid algul ehitatud elektronlampide, hiljem aga NSV Liidus valmistatud integraalskeemide baasil.
- Valmistatud vooluhulga mõõturite andurite läbimõõdud olid alates 3 mm kuni 300 mm.
- Valmistatud andurite toitesagedused olid piirides 500 kuni 2500 Hz.
- Katseandmete salvestamiseks loodi kokku kolme NSV Liidus loodud erineva arvutustehnika põlvkonnaga sidestatud originaalset süsteemi.
- Kõikide süsteemide loomiseks ja töösse rakendamiseks loodi originaalne tarkvara, mis haarasid programme katseandmete salvestamiseks ja statistiliseks töötlemiseks.
- Nii valmistatud seadmed kui ka tarkvara lahendused anti üle töö Tellijale.
- Kõik sellel perioodil valmistatud seadmed ehitati "rauas" valmis Kopli vanas peahoones asunud TPI Eksperimentaaltöökojas.
- Lepingulisel tööl oli vaadeldaval perioodil palju TPI õppejõude ja teenistujaid alates matemaatikutest, programmeerijatest ja elektroonikutest kuni hüdraulikuteni.



# SELLEST PERIOODIST PÄRINEVAD DOKUMENDID

## TEHNILINE ÜLESANNE LEPINGU KOOSTAMISEKS

- Enne järjekordse lepingu sõlmimist toimus kahe osapoole, pk. B-2572 ja TPI poolt eelnevalt kinnitatud ja kooskõlastatud tehnilise ülesande menetlemine.
- Tehnilises ülesandes olid kindlaks määratud kõik üksikasjad, alates vooluhulga mõõturi gabariitidest ja ühendusdetailidest ning lõpetades uuritava vedeliku füüsiliste omadustega.
- Erilist tähelepanu pöörati kõikides tehnilistes ülesannetes küsimusele mõõturi dünaamiliste karakteristikute uurimisest eksperimentaalsel teel. Uuritavates hüdraulilistes süsteemides oli ette nähtud paigaltseisust liikuma hakkava vedeliku liikumise kiirenduseks 100 kordne maa raskuskiirendus (1000 m/s<sup>2</sup>).



# LEPING NR 205

## ДОГОВОР № 205

### НА ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

Таллинский политехнический институт, именуемый в дальнейшем «Исполнитель», в лице **проректора ТПИ проф. Х.Х. ЛЕПКСОНА** (должность, фамилия, имя и отчество) действующего на основании **приказа ректора ТПИ № 731/к от 25.12.68 г.** с одной стороны, и предприятие П/Я В-2572 (наименование организации) именуемый в дальнейшем «Заказчик», в лице **Р.И. комплексов А.А. РЖАНОВА** (должность, фамилия, имя и отчество) действующего на основании с другой стороны, заключили настоящий договор в нижеследующем:

#### I. ПРЕДМЕТ ДОГОВОРА

- «Заказчик» поручает, а «Исполнитель» принимает на себя проведение следующей научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы: **«Система для измерения расхода полярных жидкостей и динамической градуировки электромагнитных расходомеров в быстроизменяющихся нестационарных потоках»**
- Содержание и объем работы, в целом и по этапам, определяются прилагаемой к договору согласованной сторонами программой и календарным планом (приложение 2) и **техническим заданием от 29.04-1981 г. и протоколом технического совещания № 4 по договору от 29.04-1981 г.** (ссылка на задание, технико-экономическое обоснование, спецификацию, ведомость или другие требования) составляющими неотъемлемую часть настоящего договора.
- Если в процессе выполнения работы выясняется неизбежность получения отрицательного результата или нецелесообразность дальнейшего проведения работы, «Исполнитель» вправе приостановить ее, поставив об этом в известность «Заказчика» в трехдневный срок после приостановки.  
В этом случае стороны обязаны в течение 10 дней рассмотреть вопрос о целесообразности продолжения работы и в случае необходимости ходатайствовать в соответствующих организациях о прекращении работы.
- «Исполнителю» принадлежит право опубликования в печати материалов, полученных в результате проведенных работ. Авторское право за выполненную работу принадлежит «Исполнителю», и передача результатов работы третьей организации может производиться только «Исполнителем». (Постановление СМ СССР от 27 августа 1971 г. № 604).
- Использование результатов научно-исследовательской работы осуществляется «Заказчиком» на **использования установки при тарировке электромагнитных расходомеров** (указать предприятие, организацию) (указать, каким образом будет использоваться результат работы) начиная с 19 **85г.**

28. ....  
.....  
.....  
.....  
.....

**VII. СРОК ДЕЙСТВИЯ ДОГОВОРА И ЮРИДИЧЕСКИЕ АДРЕСА СТОРОН**

Срок действия настоящего договора устанавливается с **1 января** 19 **82** г. по **31 декабря** 19 **85** г.

«Исполнитель»: почтовый — 200026, Таллин, ул. Эхитяте тее, 5, ТПИ.  
телеграфный — ПИТА 1215.  
Счет № 14104 в Октябрьском отделении Госбанка СССР г. Таллин

«Заказчик»: почтовый **г. Калининград, Московская область**  
**п/я В-2572**  
телеграфный **«ГРАНИТ» г. Калининград, Мос. обл.**  
почтовый индекс **141070**

А/счет № 26330 в Калининградском отп.  
Редакция «Калининград» Моск. обл.



Визы	Дата	Фамилия, И.	Подпись
Ответственный исполнитель		У.Р. ЛИВ	<i>[Signature]</i>
Руководитель научного направления		Л.Л. ПААЛЬ	<i>[Signature]</i>
Зав. кафедрой (научный руководитель лаборатории)		Л.Л. ПААЛЬ	<i>[Signature]</i>
Декан факультета	22.12.81	Л.А. МООРТС	<i>[Signature]</i>
Начальник НИСа	4.12.81	Ю. ТАШЕР	<i>[Signature]</i>



## LEPINGU NR 205 RAHALISTE VAHENDITE KASUTAMISE KONTROLLAKT

- Eelneval slaidil oli esitatud ühe tüüpilise lepingu nr 205 tiitel- ja tagaleht kahe osapoole rekvisiitidega.
- Lepingutega ette summad kõikusid vastavalt vajadustele igakordselt 350-400 tuhande rubla piires, millest TPI töötajatele määratud töötasu oli 100 tuhat rubla. Konkreetne leping nr 205 oli sõlmitud kahe aasta pikkuse perioodi jaoks ja nägi ette 60 komanderingut Moskva lähistel praegu Koroljovi nimelises linnas (sellel ajal Moskva oblasti Kaliningrad) asuvasse tehasesse, kus toimusid katsetused TPI-s valmistatud mõõturitega.
- Kõrval asuval leheküljel on näha lepingu nr 205 rahaliste vahendite kontrollakti tiitelleht, mis lõpuks sai ka mõlemapoolse kinnituse. Kontrollakti koostamiseks saabus TPI-sse Tellija esindaja, kes siinses raamatupidamises kontrollis kõiki lepinguga seotud dokumente.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ТПИ по научной работе  
..... проф. И.Р. Клейс  
" 25 " 12 ..... 1986 г.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. руководителя предприятия п/я В-2572  
..... В.И. Тарасов  
" ..... 1986г.

СОГЛАСОВАНО

Руководитель комплекса предприятия п/я В-2572  
..... А.А.Ржанов

Протокол согласования сметной стоимости работ по договору №205 от 1/01-82г.

Присутствовали:

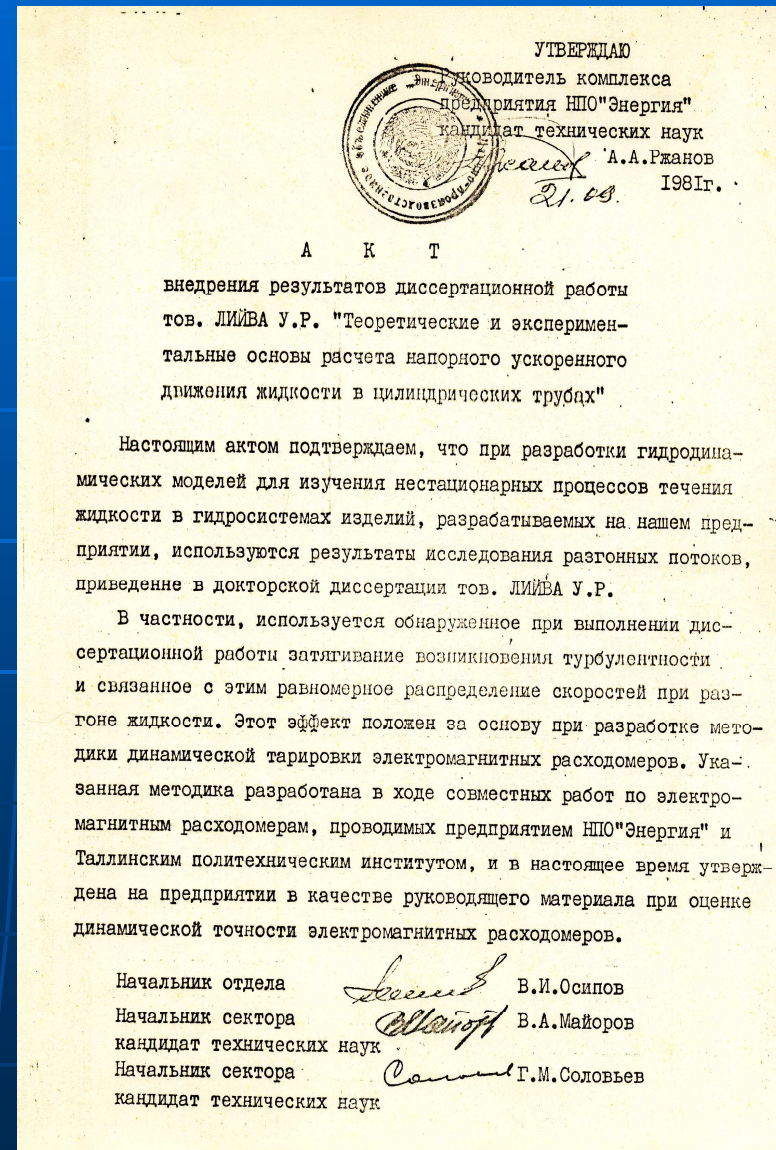
от Таллинского политехнического института  
Начальник НИИ Сектора  
..... Е. ТАННЕР  
Главный бухгалтер  
..... М.ТОМСОН  
Ответственный исполнитель  
..... У.Р. ЛИЙВ

от предприятия п/я В-2572  
Руководитель группы  
..... А.А. Ильин  
Старший инженер-экономист  
..... В.Х. Крапивник

СР

# U. LIIVI DOKTORITÖÖ TULEMUSTE JUURUTAMISE AKT

- Lepingute põhiteema - vedeliku kiireneva voolamise hüdrodünaamiliste karakteristikute määramisega ja mõõtmisega seotud eriküsimuste uuringute põhjal kaitsti mitmeid kandidaadi väitekirju.
- U. Liivi poolt Leningradi Polütehnilises Instituudis kaitstud doktori väitekeri teemal "Survetorudes vedeliku kiireneva liikumise teoreetilised ja eksperimentaalsed arvutusallused" tulemuste rakendamine toimus tootmiskoondises "Energia".
- Vastava aktiga 1981 aastast tunnistatakse, et töös esitatud meetodika on võetud tehases aluseks elektromagnetiliste vooluhulga mõõturite mõõtetäpsuse määramisel.





# EESTI NSV KÕRGHARIDUSE KOMITEE ESILDISE ÄRAKIRI

- 1989 aastal esitati Tellija (TK Energia) poolt 32 inimesest koosnev meeskond NSVL Ministrite Nõukogu preemia saamiseks töö eest, mille ametlikuks nimeks oli "Mõõteseadmete ja analüüsi kompleksi loomine ja juurutamine soojusfüüsiliste ja hüdrodünaamiliste protsesside parameetrite määramiseks lendavate aparaatide vedelikkütusel töötavate reaktiivmootorite ja soojuskaitse katete optimeerimise eksperimentaalseks arendamiseks".
- TPI-s teostatud tööde põhjal oli sellesse meeskonda lülitatud U. Liiv. Asjade arenguks pidi kõik algama "rohujuurte" tasandilt ja nii liikus vastav TPI esildis Eesti NSV kõrghariduse Komitee esildisena V. Rajangu allkirjaga edasi Vene Föderatsiooni Kõrghariduse Ministeeriumisse. Kõrvalolevalt on toodud selle esildise ära kiri.
- Nähtavasti muutis sellel ajal tormiliselt muutuv ajalugu edasiste asjade käiku ja seda preemiat vististi välja ei antudki.

