

국내 플랜트 엔지니어링 산업의 기계공학 분야 기술인력 수급을 위한 대학교육 개선에 관한 연구

심 현 선, 김 영 일^{*†}, 정 광 섭^{*}

서울과학기술대학교 에너지환경대학원, ^{*}서울과학기술대학교 건축학부

Improvement of University Education to Supply Technical Manpower for Plant Engineering Industry in Mechanical Engineering Field

Hyun-Sun Shim, Young-Il Kim^{*†}, Kwang-Seop Chung^{*}

Graduate School of Energy & Environment, Seoul Nat. Univ. of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

^{*}School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received August 5, 2011; revision received October 10, 2011)

ABSTRACT: In this study, improvements of university education are suggested so that university graduates can work in plant engineering industry without major retraining which is required in plant engineering companies. Before disposition of manpower to the plant engineering site, new recruits are retrained by the company for about 2~3 years, since university education is not sufficient and appropriate to handle plant engineering tasks. It is urgent to integrate into university education practical plant engineering that can be used effectively after graduation. In case of S2 University located in Seoul, it is enough to supplement interdisciplinary program to plant engineering subjects if proper texts are developed. To replace plant engineering education offered by the company with the university education, following measures should be taken. First, basic plant engineering should be taught for 15 hours. Second, education on design and drawings should be reinforced.

Key words: Plant engineering(플랜트 엔지니어링), University education(대학 교육), Mechanical engineering(기계공학), Technical manpower(기술인력)

1. 서 론

국내 플랜트 엔지니어링 산업은 약 30년 동안 비약적으로 성장해 왔으며 2009년 해외 플랜트 수주 실적이 433.4억 달러에 달했다. 이를 토대로 2015년 해외 수주액 1000억 달러, 세계 시장 점유율은 약 10% 정도로 증가해, 미국, 중국, 프랑스, 일본에 이

어 세계 5대 플랜트 강국으로 성장할 것으로 예상하고 있다.⁽¹⁾ 각사 인력 공급 방안인 사내 교육, 계약직 채용, 외국인 고용, 하청 회사의 부분 하청 등으로 전문 인력 부족현상을 반복적으로 겪고 있다. 현재는 기업체 입사 후 2~3년 간의 재교육을 통해 업무를 수행하게 된다. 이러한 과정이 반복되면서 기업의 재교육 비용은 상당히 늘어나고, 플랜트 수주 시 바로 활용이 어렵기 때문에 이공계 대졸 신입 사원의 정규모집보다는 수시로 경력직을 충원하는 방법을 선호하게 되었다.⁽²⁾ 이는 산업계, 이공계 기피 현상 등의 사회 문제로 이어질 우려가 있다. 본

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-970-6557; fax: +82-2-974-1480

E-mail address: yikim@seoultech.ac.kr

연구는 대학교육과 산업체 실무를 연계하여 수십 년간 이어온 반복적인 비효율과 낭비를 없애, 대학 졸업 후 현장에 바로 투입 가능한 대학교육으로 개선을 위한 문제점 및 해결 방안을 연구하는데 목적이 있다.

2. 국내 플랜트 엔지니어링 산업의 현황

플랜트 엔지니어링 산업은 모든 산업을 연결하고 기술을 복합화하는 기술 서비스 산업으로 인류의 풍요로운 삶에 공헌하는 가치창조 산업이며, 엔지니어링의 기술 수준은 한 나라의 과학기술 수준 및 산업 경쟁력을 나타내는 척도이기에 엔지니어링 산업을 국가 전략산업이라고 할 수 있다. 이러한 플랜트 엔지니어링 산업은 기술적인 면에서 기획, 타당성 조사, 설계, 공정, 기계장치, 배관, 토목구조, 건축구조, 전기, 제어계측, 플랜트 설비, 환경, 사업관리, 감리, 기자재 구매, 시운전 기술 등 모든 분야에 걸쳐서 전문적 지식과 많은 경험과 기술이 필요하며 설계, 조달, 공사를 핵심으로 각 업무를 시스템화 및 통합하여 턴키방식의 종합 서비스 산업이다.⁽³⁾

2.1 국내 플랜트 엔지니어링의 기술 수준

프로젝트 수행 단계별로 보았을 때, 우리나라의 플랜트 엔지니어링 기술은 시스템 엔지니어링 및 종합적 프로젝트 기획, 관리 능력에서 기술 수준이 선진국에 비해 뒤떨어져 있다. 프로세스 특히 기술은 거의 전무하며 타당성 조사 및 경제성 분석도 제철 플랜트, 해양 시설 외에는 불가능한 분야가 많아 총체적으로는 60% 수준에 불과하다. 상세설계의 경우 1970년대 중반부터 기본 설계를 받아 수행한 경험을 토대로 90% 수준에 달하며 중소형 사업의 프로젝트 관리 수준은 70% 수준이지만 수 년 안에 90% 수준에 도달할 것으로 보인다. 고임금으로 가격경쟁이 취약한 건설 시공 수준은 선진국 수준에 근접하나 값싼 동남아 인력의 투입이 증가할 경우 하락할 가능성도 있다. 특히 총 투자비의 60%선에 육박하는 기자재 구매 조달 부문에서 80~90% 수준이긴 하지만 패키지 품목에서의 취약점을 극복해야 하는 과제를 안고 있다.⁽²⁾

2.2 국내 플랜트 엔지니어링 인력수급의 문제점

엔지니어링 관련 기술 인력 확보 및 활용에서 나

타나는 문제점들은 다음과 같다. 첫째 엔지니어링 산업에서 고급 기술 인력의 확보가 어렵고 신규 채용자가 업무를 수행할 수 있을 때까지 시간이 많이 걸린다. 둘째 현장에 바로 투입할 수 있는 종합적이고 체계적인 대학 교육이 부족하며 열악한 근무환경 및 인력 유치와 양성에 필요한 자금이 부족한 점을 들 수 있다. 셋째 이에 대한 대처 방안으로 기업 내 교육을 통한 육성이 있으나 교육기간에 비해 업무를 바로 수행하기 어려운 점 때문에 비효율적이다. 마지막으로 엔지니어링 산업의 빠른 구조 변화를 반영하는 관련 학과의 증원 및 교육 내용 변화에 문제가 있다. 엔지니어링 관련 신규 인력의 공급량이 부족한 실정이며 엔지니어링 산업의 기술 인력의 경우 타 산업에 비해 이론보다는 실무 능력이 매우 중요하나 우리의 교육 현실은 이론 교육 위주로 편성되어 있는 것이 문제점이다.⁽³⁾

3. 국내 엔지니어링 신입사원 요구 수준

플랜트 엔지니어링을 수행하려면 학부 졸업 후 엔지니어링 회사에서 시행하는 신입사원 교육을 반드시 이수한 후 일정 수준 이상이 되어야만 업무를 수행할 수 있다. 우리나라 엔지니어링 회사들의 유형을 살펴보면 첫째로 일본 기술을 도입해 석유 화학 플랜트 등을 엔지니어링하는 D사,⁽²⁾ 둘째로 미국의 기술을 도입, 석유화학 턴키 프로젝트를 많이 수행하는 S사,⁽⁴⁾ 마지막으로 프랑스 기술을 바탕으로 엔지니어링을 주로 하는 H사⁽⁵⁾ 등을 대표적으로 들 수 있으며 다른 회사의 경우도 이 유형에서 벗어나지 않는다. 따라서 엔지니어링 네트워크 교육 과정의 경우도 세계적으로 표준화 되어 있는 상황이라고 볼 수 있으므로 직무 교육과정은 각 유형을 대표하는 3사가 시행하는 실제 예를 비교하여 보았다. 플랜트 엔지니어링의 여러 분야 가운데 기계장치, 배관 부서 중심으로 검토했다. 그 결과 각 부서별 직무 범위는 약간씩 다르지만 다루는 주요 직무는 거의 일치함을 알 수 있었고 그 결과는 Table 1, Table 2와 같다.

교육 시간의 경우 각사의 주력 분야에 따라 결정되므로 다소 차이가 발생할 수 있다. 주요 3사의 교육 안 중 세부 영역별 특성이 잘 드러난 것이 S사의 2006년도 교육 안이었기 때문에 S사의 교육 안을 중심으로 검토할 것이다. 그리고 좀 더 상세한 분석을 위해 기술 분야만 취하고 사내 일반 관리 등은 제외하여 대학 교육과의 대비를 명확하게 하

Table 1 Mechanical training curriculum

S Company	D Co.	H Co.	Note
Stress analysis			Piping dept.
Material	○	○	
Welding	○	○	
Noise and vibration	○	○	
Stationary equipment	○	○	API code
Pressure vessel 1	○	○	ASME code
Pressure vessel 2	○	○	
Heat exchanger	○	○	
Storage tank	○	○	
Fired heater	○		Chemical department
Flare system	○		
Pump	○	○	
Mechanical seal	○	○	API code
Compressor/blower/fan	○	○	
Steam turbine	○	○	
Gas turbine	○	○	
Water treatment	○	○	
RFQ/TBE/PO	○	○	

Note) ○ same contents as the S company.

Table 2 Piping training curriculum

S Company	D Co.	H Co.	Note
Piping general	○	○	
Basic for piping	○	○	
Plot planing	○	○	
Transposition	○	○	
GAD drawing	○	○	
ISO drawing	○	○	
B/M take off	○	○	
Basic for material	○	○	
Stress analysis	○	○	
HVAC			Architecture/ Plant dept.
3D CAD	○	○	PDS
Microstation and MSPADE	○	○	Auto CAD

Note) ○ same contents as the S company.

려고 하였다. 또한 변동 추이를 확인하기 위해 2009년 신입사원 교육 안도 검토하였으나 거의 유사하므로 2006년도 교육 안으로 검토한다.

Table 3 General engineering program

Department	S Co. (hours)	University (hours)
Process	5	5
Mechanical	5	
Piping	5	
Electrical	5	3
Instrumentation	5	
Civil	5	3
Architectural	5	
Eng. IT system	3	4
Total	38	15

3.1 신입사원 엔지니어링 총괄 네트워크 교육 과정

Table 3의 S Co.에서는 엔지니어링에서 가장 중요한 타 설계 팀과의 코디네이션 및 협동작업 능력을 배양하기 위해 총 8강좌 38시간을 각 부서 담당자가 신입사원 전체 교육을 통해 각 설계 팀의 기본 업무 수행 절차를 교육하여 다소 중복되고 비전문적으로 개인 업무 수행 능력 향상과 직무에 대한 이해를 증진시키고 있다.⁽⁴⁾

3.2 신입사원 엔지니어링 직무 교육 과정

기계장치 및 배관팀의 고유 직무를 수행하기 위한 기본기를 정립하고 팀별 고유 프로시저 등을 이해하며 타 설계 팀과의 적기 코디네이션을 위한 교육을 목표로 한다. 교육시간과 강좌 수는 제 4.3절과 같이 각각 42시간, 22강좌, 106시간 16강좌이다.⁽⁴⁾

4. 공과대학 기계공학 분야 엔지니어링 교육 방법 연구

엔지니어링 네트워크 교육과정에서 업무 절차를 중점 강의하고 다음으로 전공 분야 즉 기계공학파 (기계장치, 배관) 교육은 고유 직무를 수행하기 위한 기본을 정립하기 위해 팀 별 고유 절차 등을 이해하고 전공 기술을 최대한 활용하도록 교육하는 것을 목표로 한다.

4.1 플랜트 엔지니어링 관련 교육 현황

취급 과목에 대한 세부 내용을 검토하기 위해 S2

대학교의 기계공학과 플랜트 엔지니어링 관련 과목의 교육과정,⁽⁶⁾ 강의계획서를 검토한 결과 다음과 같이 분류할 수 있었다.

- 1) 각종 역학 및 기초교육 : 재료거동학, 동역학, 재료역학, 유체역학, 공기역학, 열역학, 재료공학, 전산구조해석, 환경소음공학, 유동실험법
 - 2) 기계공학 기초 : 공작기계, 기계공작, 기계실습법, 특수정밀가공법, 용접공학, 기계설계 등
 - 3) 플랜트 엔지니어링 기초 : 열전달, 터보유체기계, 환경에너지공학, 공기조화, 내연기관, 열시스템공학, 전산열유체, 냉동공학 등
 - 4) 설계 기초 : 에너지시스템설계, CAD, 공학설계, 생산시스템설계, 창의적공학설계 등으로 나눌 수 있다.
- 주로 3), 4) 영역의 강의계획서 세부 교육 내용과 플랜트 엔지니어링 업무시 신입사원에게 필요한 기술 수준을 검토하여 교육 방법 및 대상을 선정하였다. 그리고 우리나라의 대표적인 공과대학인 S1대학교, H대학교, S2대학교 등의 기계공학과 플랜트 엔지니어링 관련 교육 현황을 검토하여 보았으나 S2대학교의 강의 과목과 용어의 차이는 있으나 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

4.2 신입사원 엔지니어링 네트워크 교육 과정

대학의 경우 전 학과 공통 과목으로 취급하여 Table 3의 교육 내용을 교재 개발 후 업무 흐름을 위주로 Table 3의 대학 안을 참조하여 전문 강사가 프로세스, 기계, 배관 분야를 함께 강의하고, 전기, 제어계측 또한 토목 건축을 다른 강사들이 각각 수업하면 15시간 이내로 충분히 교육 가능할 것으로 생각된다. 더 나아가 교재 개발 후 강사는 1명이 수행하는 것이 엔지니어링 시스템을 중복되지 않고 이해시킬 수 있어 수업 효과를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

4.3 기계장치, 배관팀 직무 교육 과정

기계장치, 배관 직무 교육에 대해서는 S사 교육안과 기계공학과 각 과목 교재에 해당 내용을 적용할 수 있고 이에 따라 플랜트 엔지니어링 신입사원 요구 기술 수준 중 대학에서 강의 가능한 항목을 선정하면 다음과 같다.

S사 기계장치팀의 신입사원 직무 교육은 총 42시간 시행하는데 이 중 부서 일반, 품질보증, S/W 소개 및 적용 같은 팀의 일반사항 6시간과 기계 엔지니어링 실무 중 기계공학과에서 취급하지 않는 Stress analysis 기초 2시간, Stationary equipment의 종류 및 특징, 적용 코드 소개 및 설명 2시간, ASME(American Society Mechanical Engineers) section VIII의 이해 1시간, API 682(American Petroleum Institute) 2시간, 수처리, 폐수처리 2시간 등 15시간을 제외하면 대학에서 강의 가능한 직무와 학과는 Table 4, Table 5와 같이 총 27시간이며, 여기에 제외된 항목은 입사 후 다룰 수 있다. 그리고 엔지니어링 네트워크 교육 15시간은 다른 학과들과 공통교육이므로 별도로 취급하였다. 둘째로 S사의 배관팀의 신입사원 직무 교육은 총 106시간 시행되는데 이 중 부서 일반, 즉 배관팀 소개, 도면, 설명서 및 관련 자료 소개 등 일반 사항 2시간과 배관 기본교육 중 많은 경력을 요하는 배관배치(pipe routing) 기초 이해 및 배관배치 방법 소개 20시간 등 22시

어링 실무 중 기계공학과에서 취급하지 않는 Stress analysis 기초 2시간, Stationary equipment의 종류 및 특징, 적용 코드 소개 및 설명 2시간, ASME(American Society Mechanical Engineers) section VIII의 이해 1시간, API 682(American Petroleum Institute) 2시간, 수처리, 폐수처리 2시간 등 15시간을 제외하면 대학에서 강의 가능한 직무와 학과는 Table 4, Table 5와 같이 총 27시간이며, 여기에 제외된 항목은 입사 후 다룰 수 있다. 그리고 엔지니어링 네트워크 교육 15시간은 다른 학과들과 공통교육이므로 별도로 취급하였다. 둘째로 S사의 배관팀의 신입사원 직무 교육은 총 106시간 시행되는데 이 중 부서 일반, 즉 배관팀 소개, 도면, 설명서 및 관련 자료 소개 등 일반 사항 2시간과 배관 기본교육 중 많은 경력을 요하는 배관배치(pipe routing) 기초 이해 및 배관배치 방법 소개 20시간 등 22시

Table 4 Mechanical training program

No.	S Co-subject(hour)
1	Material selection(2)
2	Welding(2)
3	Vibration(1)
4	Noise(1)
5	Pressure vessel basic(1)
	Storage tank/tank basic(2)
6	Heat exchanger(2)/flare(2)
	Fired heater(2)
7	Pump selection and application(2)
	Compressor/blower/fan basic(2)
	Steam(2)/gas turbine basic(2)
8	RFQ/TBE/PO(4) for equipment
Total(27)	

Table 5 Mechanical training program

No.	S2 Univ.-subject(hour)
1	Mechanical behavior of materials(2)
2	Welding engineering(2)
3	Mechanical vibration(1)
4	Noise control engineering(1)
5	Statics(3)
6	Thermal fluid system engineering(6)
7	Turbo fluid machinery(8)
8	Creative engineering design(4)
Total(27)	
Plant engineering(15)	

Table 6 Piping training program

No.	S Co-subject(hour)
1	Introduction to pipe fitting valve(6)
	Draw and plot plan(10)
2	GAD(20)/ISO(8)
	Piping MTO take off(4)/IMMS(4)
3	Piping material basic(2)
4	Stress analysis basic(2)
5	HVAC basic(2)
6	3D CAD(2)/Practice for DSMS(10)
	Practice for microstation and MSADE(14)
Total(84)	

Table 7 Piping training program

No.	S2 univ.-subject(hour)
1	Engineering design(16)
2	Introduction to plant engineering(36)
3	Engineering materials(2)
4	Mechanical behavior of materials(2)
5	Air conditioning(2)
6	CAD(26)
Total(84)	
Plant engineering(15)	

간을 제외한 직무는 대학에서 강의할 수 있으며 직무 및 학과는 Table 6, Table 7와 같이 총 84시간이다. 이는 배관팀에서 수행하는 GAD(general arrangement drawing) 20시간, Isometric 도면 8시간, MTO(material take off) 4시간 등은 최소한 대학교육에서 취급하여야 하며, 많은 경력이 필요한 배관 배치 영역 등은 입사 후 업무 수행시 배울 수 있다. S2대학교의 경우 기계공학과도 설계 및 도면 영역의 학습량이 부족한 것으로 생각된다. 특히 배관 분야는 플랜트 엔지니어링에서는 프로세스 팀의 PFD, P&ID 등의 계통도를 근간으로 시스템이 이루어지며, 배관 팀의 Plot planning, GAD 등으로 공간의 평면, 입체를 다루며 기기 사이를 연결해주는 배관을 다루어 토목, 건축, 전기, 제어계측의 공간측면에서 중요한 분야이다.

4.4 플랜트 엔지니어링 요구 수준과 연계전공

대학의 교육과정은 학문의 기초를 교육하기 때문에 기존 교육과정과의 시너지 효과를 생각한 연계전공 과정을 설정할 수 있다. 즉 전공자 별로 한 개의

고유 전공을 유지하면서 플랜트 산업에 적절한 융합형 전문 인력을 양성하는 데 목표를 둔다. Table 8은 기계공학과와 플랜트 관련 연계 전공 교과목을 정리한 것이다. 플랜트 연계 전공은 플랜트 관련 분야(화학공학과, 기계공학과, 건축공학과, 토목공학과, 전기공학과, 전자정보공학과) 공통으로 ‘엔지니어링 네트워크’(1학점)를 교육하고 기계공학과와 플랜트 연계 전공과목을 Table 9와 같이 개설하여 강

Table 8 Interdisciplinary plant program

	Subject	Subject	Hrs	
Mechanical	Mechanical plant(1) (credits 3)	Welding, WPS/PQR	2	
		Noise and vibration	2	
		Pressure vessel, tank, storage tank	3	
		Heat exchanger/flare	4	
		Fired heater	2	
		Pump selection and app. Compressor/blower/fan Steam/gas turbine Datasheets and code app.	8	
		Stationary/rotating equipment	8	
		Stress analysis basic	4	
		Materials basic	2	
		HVAC basic	2	
		Subtotal		37
		Mechanical plant(2) (credits 3)	Pipe fitting basic Plot plan	16
			3D CAD, DSMS	26
			Subtotal	
Mechanical plant(3) (Credits 3)	GAD/ISO DWG, B/M take off, MMS	36		
Subtotal		36		
Total		115		
Common	Engineering network (Credit 1)	Plant engineering network	15	
Total		130		

Table 9 Interdisciplinary program

Subject	Semester	Credits
Mechanical plant(1)	4~1	3
Mechanical plant(2)	4~2	3
Mechanical plant(3)	4~2	3

의한다.

5. 결 론

국내 플랜트 엔지니어링 산업은 약 30년 동안 비약적으로 성장해 왔으며 2009년 해외 수주 실적이 433.4억 달러에 달했다. 이를 토대로 2015년 해외 수주액 1000억 달러, 세계 점유율을 10% 정도로 증가해 미국, 중국, 프랑스, 일본에 이어 5대 강국으로 성장할 것으로 예상하고 있다. 하지만 각사 인력 공급 방안인 사내 교육, 계약직 채용, 외국인 고용, 하청 회사의 부분 하청 등으로 전문 인력 부족현상을 반복적으로 겪고 있다. 현재는 기업체 입사 후 2~3년간의 재교육을 통해 업무를 수행하게 된다. 이로 인해 기업의 재교육 비용은 상당히 늘어나고, 플랜트 수주시 바로 활용이 어렵기 때문에 이공계 대졸 신입 사원의 정규 모집보다는 수시로 경력직을 충원하는 방법을 선호하게 되었다.

이는 산업계, 이공계 기피 현상 등의 사회 문제로 이어질 우려가 있기 때문에 대학교육과 산업체 실무를 연계하여 수십 년간 반복적인 비효율과 낭비를 없애, 대학 졸업 후 현장에 바로 투입 가능한 대학교육으로 개선 방안을 모색해 보았다.

우선 정부 차원에서 대학과 기업 간의 각 분야별 공동 교재 연구팀을 운영하여 기업에서 필요한 내용으로 교재 개발에 나서면 S2대학교의 경우 플랜트 관련 연계전공 과목으로 플랜트 엔지니어링 네트워크 교육과 배관의 미흡한 설계 및 도면작성, 실무 적용(Data sheet 작성, 기초 계산 및 2D, 3D CAD 교육)을 보충하면 가능할 것으로 생각한다.

특히 플랜트 엔지니어링에서는 프로세스 팀의 PFD, P&ID 등의 계통도를 근간으로 시스템이 이루어지고, 배관 팀의 Plot planning, GAD 등으로 공간의 평면, 입체를 다루며 기기 사이를 연결해주는 배관을 취급하여 토목, 건축, 전기, 제어계측의 공간 측면을 선도하는 중요한 분야이다.

플랜트 엔지니어링 영역에서는 학부의 기계공학과 교육에서 기계장치와 배관으로 분리하여 운영되거나 대학교육에서는 통합 강의와 공통 이수자 바람

직하다.

본 연구 결과를 요약하면 첫째로 플랜트 엔지니어링 네트워크 교육을 15시간으로 수행한다.

둘째로 직무 교육에서는 플랜트 엔지니어링의 신입사원 요구 기술 수준과 대학의 과목별 내용을 비교 검토하여 현재의 S2대학교에서 취급하는 과목, 학점에 연계전공 과목을 추가하면 제 4.3절에서 검토한 바와 같이 기계 장치팀의 ASME section VIII 및 API 682, Stationary equipment의 이해와 Application code의 적용 방법, 배관팀의 배관배치 방법, 배관 Stress analysis 등 아주 특수한 분야나 풍부한 경험을 요하는 부분을 제외하고는 일반 엔지니어링 사항은 대부분 취급되고 있다. 또한 위의 특수 분야 및 풍부한 경험을 요하는 항목들은 입사 후 취급 가능하다.

셋째 플랜트 연계 전공은 플랜트 관련 분야 공통으로 '엔지니어링 네트워크'(1학점)를 교육하고 기계공학과와 플랜트 연계 전공과목을 Table 9와 같이 개설하여 강의한다.

참고문헌

1. Korea Plant Industries Association, www.kopia.or.kr.
2. Lee, D. C., 2004, A plan for training and administration for plant engineers, Graduate School of Hanyang, Seoul, Korea.
3. Lim, Y. G., 1998, A Research on the Technical Manpower Policy for the Domestic Plant Engineering Industry, Graduate School of Industrial Technology and Environment, Dongguk University, Seoul, Korea.
4. Kong, J. S. et al., 2006, Curriculum for the Training of New Employees.
5. Kim, M. J. et al., 2010, Curriculum for the Training of New Employees.
6. Seoultech, 2010, Curriculum of Seoul National University of Science and Technology.