

Анализ экономической эффективности новых технологий при изготовлении труб судовых систем

Р.В. Дженкова, Т.М. До, К.Н. Сахно

Астраханский государственный технический университет

Аннотация: Развитие современного судостроения связано с ростом объемов работ и повышением требований к технологии изготовления и монтажу судовых трубопроводов. В настоящее время ряд проектно-конструкторских предприятий отрасли разрабатывает сборочные чертежи с координатами трасс трубопроводов, альбомы карт с эскизами труб, на основе которых изготовление труб без пригоночных работ на судне может быть осуществлено, начиная с головного судна. При этом для проектирования трубопроводов и выдачи информации для запуска труб в обработку широко применяются компьютерные технологии. Разработаны и внедрены совершенные виды оборудования включая трубогибочные станки с позиционным программным управлением, обеспечивающие механизацию основных и вспомогательных операций изготовления и обработки труб. Рассчитав себестоимость и полные издержки мы можем наглядно видеть выгоду от применения станка с ЧПУ. Это обеспечивает наиболее эффективную работу судостроительно-судоремонтного предприятия в целом.

Ключевые слова: трубопровод, изготовление, монтаж, себестоимость, трудоемкость .

Развитие современного судостроения связано с ростом объемов работ и повышением требований к технологии изготовления и монтажу судовых трубопроводов. Удельное значение трубопроводных работ на судостроительных заводах составляет от 8 до 12 % общей трудоемкости постройки судна[1]. Для изготовления трубопроводов применяются трубы диаметром от 6 до 920 мм и более 15 марок материала (рис. 1.). Процесс изготовления и монтажа трубопроводов выполняется на всех этапах постройки судна, начиная от сборки секции и кончая швартовыми испытаниями. От бесперебойной работы трубообрабатывающих цехов зависит работа корпусосборочных, стапельных, механомонтажных, достроечных и других цехов верфи.

Традиционные технологии изготовления и монтажа систем трубопроводов предусматривают их трассировку по месту на строящемся объекте, с учетом размещения оборудования, корпусных конструкций и различных систем. При этом необходимая точность достигается значительным

объёмом пригоночных работ, связанных с изменением размеров отдельных элементов труб, сборкой их с большим количеством дополнительных ручных операций по месту, а также с применением специальных технологических шаблонов.

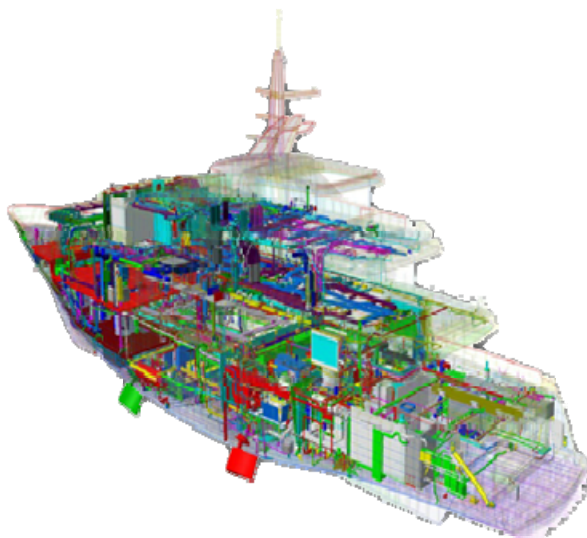


Рис.1. – Моделирование судов при помощи ЭВМ

Технологический процесс изготовления судовых трубопроводов можно разделить на две группы операций. Первую, удельное значение которой достигает 50-60 %, составляют операции по трассировке трубопроводов, изготовление шаблонов, пригонке труб по месту и их расстановке под монтаж [2]. Ко второй группе относятся операции по обработке труб в цехе с использованием оборудования для резки, гибки, обработки отверстий, сварки, гидравлического испытания и т.д.

Поэтому важнейшей тенденцией современного судостроения является повышение эффективности производства путем внедрения новых технологий изготовления труб по проектной информации без пригонки по месту. Наличие в проектной документации достаточной информации для изготовления и монтажа труб позволяет совместить работы по постройке судна и сократить сроки выполнения судостроительных заказов [3-5].

В настоящее время ряд проектно-конструкторских предприятий отрасли разрабатывает сборочные чертежи с координатами трасс трубопроводов, альбомы карт с эскизами труб, на основе которых изготовление труб без пригоночных работ на судне может быть осуществлено, начиная с головного судна. При этом для проектирования трубопроводов и выдачи информации для запуска труб в обработку широко применяются компьютерные технологии. В последнее время передовыми заводами с участием проектных и научно-исследовательских предприятий выполнен большой объем разработок, направленных на повышение технического уровня трубообрабатывающего производства. Разработаны и внедрены совершенные виды оборудования включая трубогибочные станки с позиционным программным управлением, обеспечивающие механизацию основных и вспомогательных операции изготовления и обработки труб[6-10].

Расчет полной себестоимости гибки трубопроводов

Станки с ЧПУ выполняют гибку трубопроводов по созданным разработчиком судовых систем компьютерным моделям, при этом исключаются затраты трудоемкости на изготовление шаблона. Изготовленные трубы после гибки выставляются на заказе по заданным координатам и не требуют дополнительной подгонки. При использовании обычных станков работнику необходимо изготавливать шаблон трубопровода. Использование станков с ЧПУ может позволить сократить время стапельного периода постройки корабля. Для оценки выгоды использования станков с ЧПУ проведем сравнительный расчет себестоимости гибки трубопроводов указанными методами.

Для расчета полной себестоимости необходимо значение суммарной трудоемкости гибки трубопроводов. В качестве расчетного выбирается участок системы водяного пожаротушения с известными диаметрами труб и количеством погибов (см. таблица 1.).

Таблица №1

Трудоемкость гибки труб

Номер позиции по чертежу	Размер трубы, мм	Количество опогивов, шт	Гибка на станке ЧПУ, н/ч	Гибка на станке, н/ч	Изготовление шаблона, н/ч
1	2	3	4	5	6
2	105x2,5	2	0,5	0,54	0,45
26	85x2,5	3	0,48	0,35	0,44
29	85x2,5	2	0,35	0,26	0,38
31	85x2,5	1	0,22	0,17	0,32
32	85x2,5	1	0,22	0,17	0,32
5	75x2,5	2	0,27	0,26	0,38
6	75x2,5	2	0,27	0,26	0,38
7	75x2,5	2	0,27	0,26	0,38
37	75x2,5	1	0,17	0,17	0,32
38	75x2,5	1	0,17	0,17	0,32
8	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
9	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
10	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
11	55x2,5	4	0,28	0,44	0,5
13	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
14	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
15	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
16	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
17	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
18	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
19	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32



20	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
21	55x2,5	4	0,28	0,44	0,5
22	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
23	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
25	55x2,5	6	0,34	0,62	0,62
33	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
35	55x2,5	2	0,16	0,26	0,38
40	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
41	55x2,5	3	0,22	0,35	0,44
42	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
43	55x2,5	3	0,22	0,35	0,44
44	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
50	55x2,5	3	0,22	0,35	0,44
51	55x2,5	1	0,1	0,17	0,32
Суммарная трудоемкость по столбцам			6,86	9,11	13,19
Суммарная трудоемкость для двух способов гибки			6,86	22,30	

Расчет полной себестоимости гибки трубопроводов ведем по статьям калькуляции. При этом расчеты для выполнения работы на станке с ЧПУ обозначаются индексом ЧПУ, а на обычном станке с индексом ОБ. СТАНОК.

Основная заработная плата производственных рабочих:

$$\text{ОЗП} = \text{С} + \text{П} + \text{Д}, \text{ руб.}, \quad (1)$$

где С – сдельная заработная плата, руб.;

П – премии, 20 % к сдельной заработной плате;

Д – доплаты, 10 % к сдельной заработной плате.

Сдельная заработная плата:

$$\text{С} = \sum T_i \cdot \text{Ч}, \quad (2)$$

где $\sum T_i$ – суммарная трудоемкость работ, н/ч;

Ч – часовая тарифная ставка, соответствующая разряду работ

Таким образом, формула для расчета основной заработной платы:

$$\text{ОЗП} = \sum T_i \cdot \text{Ч} + 0,2 \sum T_i \cdot \text{Ч} + 0,1 \sum T_i \cdot \text{Ч}; \quad (3)$$

При выполнении работ по гибке трубопроводов принимают участие рабочие с разной квалификацией, поэтому для расчета основной заработной платы необходимо определить средне расчетную тарифную ставку.

Средне расчетная тарифная ставка производственных рабочих:

$$\text{Ч} = \frac{\text{Ч}_{3\text{разр.}} + \text{Ч}_{4\text{разр.}}}{2}, \text{ руб.}, \quad (4)$$

где $\text{Ч}_{3\text{разр.}}$ - часовая тарифная ставка трубопроводчика 3 разряда - 9,40 руб./н/ч;

$\text{Ч}_{4\text{разр.}}$ - часовая тарифная ставка трубопроводчика 4 разряда - 11,70 руб./н/ч.

$\text{Ч}_{\text{ЧПУ}}$ - средне расчетная часовая тарифная ставка станочника - 9,57 руб./н/ч.

$$\text{Ч}_{\text{ОБ.СТАНОК}} = \frac{9,40 + 11,70}{2} = 10,55 \text{ руб.}, \quad (5)$$

$$\text{ОЗП}_{\text{ОБ.СТАНОК}} = 22,30 \cdot 10,55 + 0,2 \cdot 22,30 \cdot 10,55 + 0,1 \cdot 22,30 \cdot 10,55 = 305,84 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{ЧПУ}} = 6,86 \cdot 9,57 + 0,2 \cdot 6,86 \cdot 9,57 + 0,1 \cdot 6,86 \cdot 9,57 = 85,35 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата с учетом районного коэффициента и северных надбавок:

$$\text{ОЗП}_{\text{рк}} = 2,2 \cdot \text{ОЗП}, \text{ руб.}, \quad (6)$$

$$\text{ОЗП}_{\text{ОБ.СТАНОК}_{\text{рк}}} = 2,2 \cdot 305,84 = 672,86 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{ЧПУ}_{\text{рк}}} = 2,2 \cdot 85,35 = 187,76 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих:

$$\text{ДЗП} = 1,1 \text{ОЗП}_{\text{рк}}, \text{ руб.}, \quad (7)$$

$$\text{ДЗП}_{\text{ОБ.СТАНОК}} = 1,1 \cdot 672,86 = 740,14, \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_{\text{ЧПУ}} = 1,1 \cdot 187,76 = 206,54, \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы производственных рабочих:

$$\text{ФЗП} = \text{ОЗП}_{\text{рк}} + \text{ДЗП}, \text{ руб.}, \quad (8)$$

$$\PhiЗП_{\text{ОБ.СТАНОК}}=672,86+740,14=1413,00, \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{\text{ЧПУ}}=187,76+206,54=394,30, \text{ руб.}$$

Страховые взносы согласно Федеральному закону «О страховых взносах в Пенсионный фонд (ПФ) Российской Федерации (РФ), Фонд социального страхования РФ (ФСС), Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (ФОМС)» рассчитываются следующим образом: взносы в ПФ РФ (22 %), в ФОМС (5,1 %), ФСС (2,9 %). Итого 30% от фонда заработной платы. Также согласно указанного закона и распоряжения предприятия о плановых процентах отчисления на социальное страхование от несчастных случаев на производстве предусматривается надбавка 2,8%.

$$СВ=0,328 \cdot \PhiЗП, \text{ руб.}; \quad (9)$$

$$СВ_{\text{ОБ.СТАНОК}}=0,328 \cdot 1413,00=463,46, \text{ руб.}$$

$$СВ_{\text{ЧПУ}}=0,328 \cdot 387234,75=394,30, \text{ руб.}$$

Расход на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$РСЭО=1,61 \cdot ОЗП_{\text{рк}}, \text{ руб.}; \quad (10)$$

$$РСЭО_{\text{ОБ.СТАНОК}}=1,61 \cdot 672,86 = 1083,30, \text{ руб.}$$

$$РСЭО_{\text{ЧПУ}}=1,61 \cdot 187,76 = 302,29, \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость:

$$С_{\text{Т}}=\PhiЗП+СВ+РСЭО, \text{ руб.} \quad (11)$$

$$С_{\text{Т}}_{\text{ОБ.СТАНОК}}=1413,00+463,46+1083,30=2959,77, \text{ руб.}$$

$$С_{\text{Т}}_{\text{ЧПУ}}=394,30+394,30+302,29=825,92, \text{ руб.}$$

Цеховые расходы:

$$ЦР=1,7 \cdot ОЗП_{\text{рк}}, \text{ руб.}; \quad (12)$$

$$ЦР_{\text{ОБ.СТАНОК}}=1,7 \cdot 672,86=1143,86, \text{ руб.}$$

$$ЦР_{\text{ЧПУ}}=1,7 \cdot 187,76=319,19, \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость:

$$С_{\text{Ц}}=С_{\text{Т}}+ЦР, \text{ руб.}; \quad (13)$$

$$С_{\text{Ц}}_{\text{ОБ.СТАНОК}}=2959,77+1143,86=4103,63, \text{ руб.}$$

$$С_{\text{Ц}}_{\text{ЧПУ}}=825,92+319,19=1145,11, \text{ руб.}$$



Общезаводские расходы:

$$\text{ОЗР} = 2 \cdot \text{ОЗП}_{\text{рк}}, \text{ руб.}; \quad (14)$$

$$\text{ОЗР}_{\text{ОБ.СТАНОК}} = 2 \cdot 672,86 = 1345,72, \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗР}_{\text{ЧПУ}} = 2 \cdot 187,76 = 375,52, \text{ руб.}$$

Производственная (заводская) себестоимость:

$$C_{\text{ПР}} = C_{\text{Ц}} + \text{ОЗР}, \text{ руб.}; \quad (15)$$

$$C_{\text{ПР}_{\text{ОБ.СТАНОК}}} = 4103,63 + 1345,72 = 5449,34 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПР}_{\text{ЧПУ}}} = 1145,11 + 375,52 = 1520,63 \text{ руб.}$$

Прочие производственные расходы:

$$\text{ПР} = 0,02 \cdot C_{\text{ПР}}, \text{ руб.}; \quad (16)$$

$$\text{ПР}_{\text{ОБ.СТАНОК}} = 0,02 \cdot 5449,34 = 108,99, \text{ руб.}$$

$$\text{ПР}_{\text{ЧПУ}} = 0,02 \cdot 1520,63 = 30,41, \text{ руб.}$$

Внепроизводственные (коммерческие) расходы:

$$\text{НР} = 0,1 \cdot C_{\text{ПР}}, \text{ руб.}; \quad (17)$$

$$\text{НР}_{\text{ОБ.СТАНОК}} = 0,1 \cdot 5449,34 = 544,93, \text{ руб.}$$

$$\text{НР}_{\text{ЧПУ}} = 0,1 \cdot 1520,63 = 152,06, \text{ руб.}$$

Полная себестоимость гибки труб:

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ПР}} + \text{НР} + \text{ПР}, \text{ руб.}; \quad (18)$$

$$C_{\text{П}_{\text{ОБ.СТАНОК}}} = 5449,34 + 544,93 + 108,99 = 6103,26, \text{ руб.}$$

$$C_{\text{П}_{\text{ЧПУ}}} = 1520,63 + 152,06 + 30,41 = 1703,10, \text{ руб.}$$

Статьи калькуляции себестоимости (см. таблица 2.)

Таблица №2

Расчет калькуляции себестоимости

Наименование статей расхода	Затраты _{ЧПУ} , руб.	Затраты _{ОБ.СТАНОК} , руб.
1	2	3
1.Трудоемкость, н/ч	6,86	22,30
2.Часовая тарифная ставка, руб./(н/ч)	9,57	10,55



3.Сдельная заработная плата (ст.1·ст.2)	65,65	235,27
4.Премия (20 % от ст. 3)	13,13	47,05
5.Доплата (10 % от ст.3)	6,57	23,53
6.Основная заработная плата (ст.3+ст.4+ст.5)	85,35	305,84
7.Основная заработная плата с учетом районного коэффициента и северных надбавок (2,2·ст.6)	187,76	672,86
8.Дополнительная заработная плата (110 % от ст.7)	206,54	740,14
9.Фонд заработной платы (ст.7+ст.8)	394,30	1413,00
10.Страховые взносы (32,8% от ст.9)	129,33	463,46
11.Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (161 % от ст.7)	302,29	1083,30
12. Технологическая себестоимость (ст. 9+ст.10+ст.11)	825,92	2959,77
13. Цеховые расходы (170 % от ст.7)	319,19	1143,86
14. Цеховая себестоимость (ст.12+ст.13)	1145,11	4103,63
15. Общезаводские расходы (200 % от ст.7)	375,52	1345,72
16. Производственная	1520,63	5449,34



себестоимость (ст.14+ст.15)		
17. Прочие производственные расходы (2 % от ст.16)	30,41	108,99
18. Непроизводственные расходы (10 % от ст.16)	152,06	544,93
19. Полная себестоимость (ст.16+ст.17+ст.18)	1703,10	6103,26

Таким образом, рассчитаны полные издержки, которые понесет предприятие при гибке трубопроводов. Издержки составляют 6103,26 руб. в случае обычного способа гибки на станках и 1703,10 руб. при гибке трубопроводов на станке с ЧПУ. Таким образом, выгода от применения станка 4400,16 руб. Кроме того применение станка снижает время на выполнение гибки. Это обеспечивает наиболее эффективную работу предприятия в целом.

Литература

1. Сахно К. Н. Особенности моделирования трубопроводных систем сложных технологических комплексов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : международный сборник научных трудов. – Донецк : ООО «Лебедь», 2004. – Вып. 27. – С. 206–210
2. Сахно К. Н. Проектирование сложных судовых трубопроводных систем с учетом погрешностей их изготовления : монография. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2008. 84 с.
3. Тюленев Л.В. Организация и планирование машиностроительного производства. – СПб., Издательский дом “Бизнес-пресса”, 2001. 96с.
4. Базров Б. М. Расчет точности машин на ЭВМ / Б. М. Базров. –М. : Машиностроение, 1984. 256 с.
5. Станкевич А. К. Концепция САПР принципиальных схем судовых

трубопроводов // Судостроение. 1991. № 4. С. 10–12.

6. Овсянников В.Е., Васильев В.И. Разработка средств для исследования деятельности операторов технологического оборудования// Инженерный вестник Дона, 2015, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2776/.

7. Литвинова Т.А., Могилевский Д.В., Мецлер А.А., Егоров С.Н., Подрезов Н.Н. Технология ультразвукового контроля технологических трубопроводов атомного реактора // Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2240/.

8. Hoobasar Rampaul. Pipe welding procedures. New York: Industrial Press New York, 2003. 225p.

9. S. Rau, C. Krause, M. Clark, Y. Krampfner, K. Bezzant. Fossil Plant High-Energy Piping Damage: Theory and Practice. Volume 1: Piping Fundamentals. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute, 2007. pp. 131-135.

10. Dang Van Tuan. Giao trinh tho ong tau thuy. Hai Phong: Dai Hoc Hang Hai Viet Nam, 2005. pp. 40-44.

References

1. Sakhno K. N. Osobennosti modelirovaniya truboprovodnykh system slozhnykh tekhnologicheskikh kompleksov [Features simulation of pipeline systems of complex technological systems]. Progressivnye tekhnologii i sistemy mashinostroeniya: mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh trudov. Donetsk: ООО «Lebed'», 2004. Vyp. 27. pp. 206–210.

2. Sakhno K. N. Proektirovanie slozhnykh sudovykh truboprovodnykh sistem s uchetom pogreshnostey ikh izgotovleniya: monografiya [Designing complex marine piping systems, taking into account the errors of their manufacture: a monograph]. Astrakhan': Izd-vo AGTU, 2008. 84 p.



3. Tyulenev L.V. Organizatsiya i planirovanie mashinostroitel'nogo proizvodstva [Organization and planning of machine-building production]. SPb., Izdatel'skiy dom "Biznes-pressa", 2001. 96p.
4. Bazrov B. M. Raschet tochnosti mashinna EVM [Calculation precision machines with computer]. B. M. Bazrov. M.: Mashinostroenie, 1984. 256 p.
5. Stankevich A. K. [CAD concept of principal schemes' marine pipelines]. Sudostroenie. 1991. № 4. pp. 10–12.
6. Ovsyannikov V.E., Vasil'ev V.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2776/.
7. Litvinova T.A., Mogilevskiy D.V., Metsler A.A., Egorov S.N., Podrezov N.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2240/.
8. Hoobasar Rampaul. Pipe welding procedures. New York: Industrial Press New York, 2003. 225p.
9. S. Rau, C. Krause, M. Clark, Y. Krampfner, K. Bezzant. Fossil Plant High-Energy Piping Damage: Theory and Practice. Volume 1: Piping Fundamentals. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute, 2007. pp. 131-135.
10. Dang Van Tuan. Giao trinh tho ong tau thuy. Hai Phong: Dai Hoc Hang Hai Viet Nam, 2005. pp. 40-44.