

ОЦИФРОВКА ДИАГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ СУДНА

К. П. Абольянин, В. В. Шурыгин, Саламех Али

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Расчёт сопротивления воды движению судна представляет собой весьма сложную и трудоёмкую задачу, точность решения которой напрямую влияет на весь дальнейший расчёт ходкости судна. Для повышения эффективности решения данных задач в судостроении давно приобрели популярность программы автоматизированного расчёта ходкости судна. Проведён анализ существующих программ по оцифровке графиков. Процесс оцифровки заключается в построении графика в САД-системе с последующим преобразованием полученного файла в формате DFX в разработанной программе. Предложена новая программа для оцифровки диаграмм, в частности применяемых при расчёте сопротивления воды движению судна. Представлены алгоритм и принцип работы, а также отличительная особенность разработанной программы. Указаны минимальные системные требования, необходимые для установки программы на персональном компьютере. Произведён демонстрационный анализ программы методом ввода исходных данных для расчёта и области вывода отчёта работы. На основании диаграммы, представляющей зависимости коэффициента остаточного сопротивления воды движению судна от коэффициента общей полноты для V-образной формы носовой оконечности судна, приведён пример последовательности методики ввода данных и получения результатов. Названы преимущества и недостатки программы Wizard DFX Digitizer по сравнению с другими средствами оцифровки графиков и диаграмм. К преимуществам программы относятся сокращение времени оцифровки графиков и увеличение точности результатов за счёт применения различных инструментов САД-систем, возможность сохранять результаты процесса оцифровки, удобство интерфейса САД-систем; к минусам – ручная оцифровка и необходимость учёта некоторых особенностей каждой САД-системы.

Ключевые слова: остаточное сопротивление, оцифровка, диаграмма, исходные данные, обработка результатов, сопротивление воды, ходкость судна.

Для цитирования: Абольянин К. П., Шурыгин В. В., Саламех Али. Оцифровка диаграмм для определения коэффициентов остаточного сопротивления воды движению судна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 2. С. 16–25. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-16-25.

Введение

В основе программ автоматизированного расчёта сопротивления движению судна используются алгоритмы приближенных способов расчёта сопротивления движению судна, которые основаны на обработке данных систематических модельных и натурных испытаний; согласно [1] их применяют на начальной стадии проектирования судна, когда отсутствует теоретический чертёж, но при этом известны геометрические параметры корпуса.

В настоящее время представлено достаточно большое количество инструментов по автоматизации расчётов ходкости судна, которые условно можно разделить на специализированные и общие.

К специализированным, пожалуй, можно отнести NavCad, SwiftCraft, модуль «HYDRO» для TRIBON и др.

К общим относятся такие популярные программы, как Excel, входящий в пакет Microsoft Office, и Calc, входящий в пакет LibreOffice.

Специализированные программы являются дорогими и требуют определённых навыков по владению, вследствие чего их могут себе позволить только проектные бюро.

Общие системы наиболее востребованы из-за низкой цены, свободного распространения и простоты использования. Данные инструменты широко применяются студентами и различными инженерами для упрощения проведения громоздких расчётов. Однако в этом случае остаётся проблема с графиками и диаграммами, напечатанными на бумаге, работа с которыми отличается трудоёмкостью и неточностью. Поэтому уже давно выработался иной подход работы с данными материалами – их оцифровка. Результатом процесса оцифровки является функция,

которая приближенно описывает график, изображённый на бумажном носителе. В последующем полученную функцию можно использовать в алгоритмах для выполнения расчётов.

Оцифровка графиков и диаграмм предполагает различные трудности как в процессе ручной оцифровки, так и в алгоритмах автоматической оцифровки. Большинство имеющихся программ, таких как GetData Graph Digitizer, Graph2Digit, Chard Reader, Graph и пр., согласно [2, 3] имеют ручной режим оцифровки графиков, и во многих из них встречаются такие проблемы, как большая погрешность, неудобный интерфейс, невозможность сохранить процесс оцифровки, использование специфичных исходных форматов файлов, отсутствие встроенного растрового редактора изображений. Сложней решить вопросы, которые касаются алгоритмов автоматической оцифровки. Также приходится сталкиваться со следующими проблемами: плохое или низкое качество изображений (наличие шумов); несколько линий на одном графике и пр.

С целью решения вышеописанной проблемы студентами Астраханского государственного технического университета была разработана программа на основе алгоритма из работы [4] для оцифровки графиков и диаграмм Wizard DXF Digitizer.

Описание программы по оцифровке графиков и диаграмм

Программа Wizard DXF Digitizer написана на языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2005 Express Edition.

В ходе разработки для проведения отладки и тестирований программы были использованы следующие CAD-системы: AutoCAD, КОМПАС-3D, nanoCAD, LibreCAD.

Программа Wizard DXF Digitizer имеет следующие минимальные системные требования:

- операционная система Microsoft® Windows® XP/Vista (SP2)/7 (SP1)/8/8.1/10;
- процессор с тактовой частотой 1 ГГц;
- оперативная память – 512 МБ;
- дисковое пространство – 4,5 ГБ;
- NET Framework 4 и выше.

Интерфейс программы Wizard DXF Digitizer предельно прост (рис. 1) и состоит из следующих элементов:

1) «Выбор исходного файла». Необходимо выбрать файл в формате DXF R14 или в более новом, т. к. алгоритм обработки DXF-файлов построен на более новой спецификации формата от 2010 г.;

2) «Область параметров контрольных линий». Здесь необходимо задать координаты линий масштабирования данных, информацию о которых необходимо взять из самого изображения графика или диаграммы;

3) «Область вывода отчёта работы программы». В данной области выводятся результаты работы программы: имя (полный путь) обрабатываемого файла, успешная/неудачная попытка извлечения данных, количество найденных полилиний, соответствие/несоответствие масштабируемых линий необходимым требованиям, имя (полный путь) сохранённого файла с результатами обработки исходного файла;

4) «Обработка файла». При успешной обработке DXF-файла программа сразу предложит сохранить результат в формате CSV.

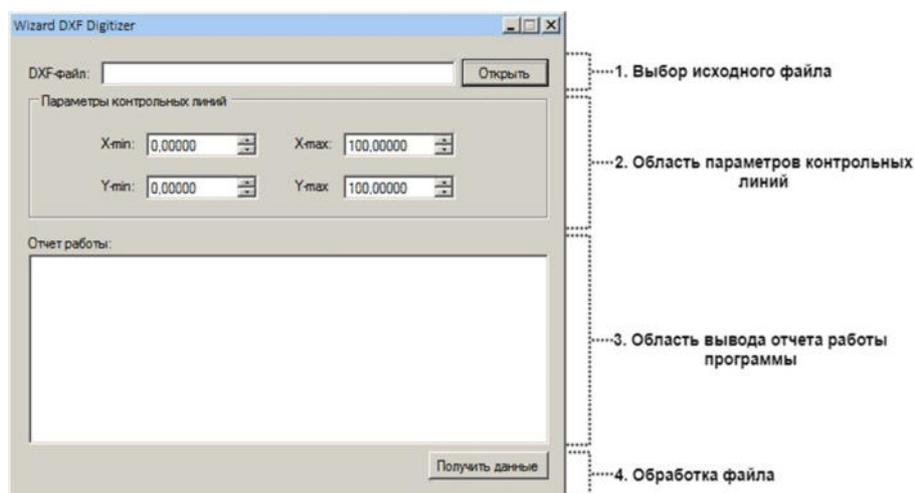


Рис. 1. Интерфейс программы Wizard DXF Digitizer

Процесс оцифровки заключается в построении графика в САД-системе с последующим преобразованием полученного DXF-файла в разработанной программе.

Применение программы для оцифровки диаграммы по определению коэффициента остаточного сопротивления воды движению судна

Ниже приведена последовательность процесса оцифровки диаграммы зависимости $C_{R0}(\delta; Fr)$ для V-образной формы носовой оконечности судна, которая была получена В. М. Штумфом в результате систематических исследований влияния форм обводов на сопротивление морских судов [5, с. 101], на примере САД-системы nanoCAD (версия 5.1).

1. Необходимо вставить (импортировать) изображение в используемую САД-систему (рис. 2) посредством выполнения команд «Вставка» – «Ссылка на растр».

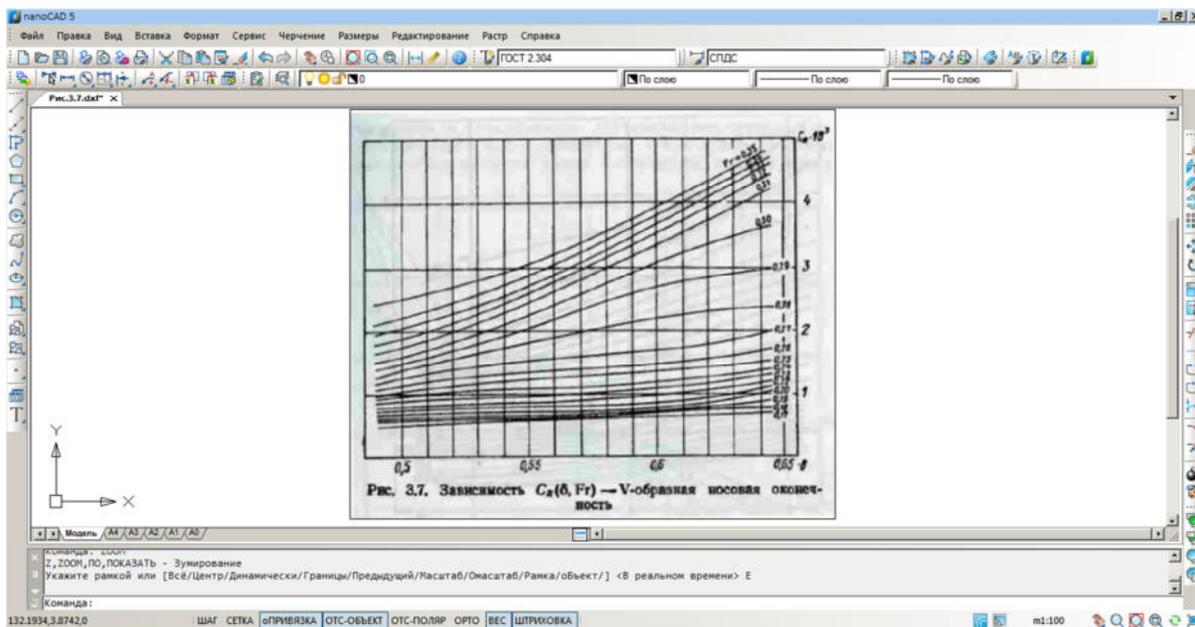


Рис. 2. Импорт изображения в системе nanoCAD

2. Задать четыре прямых линии, с помощью которых будет осуществляться масштабирование данных (рис. 3). Для этого также можно начертить прямоугольник (инструмент «Прямоугольник»), разбив его в последующем на линии (инструмент «Разрушить»).

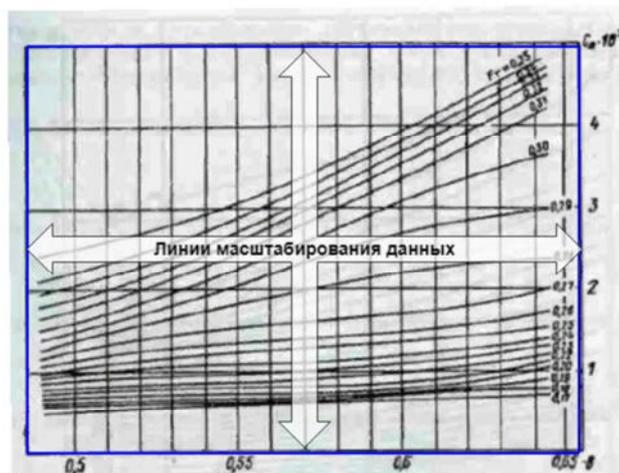


Рис. 3. Линии масштабирования данных

3. Построить диаграмму с помощью полилиний (инструмент «Ломаная») (рис. 4). Для удобства можно воспользоваться инструментом «Сплайн» и затем с помощью команды «PEDIT» преобразовать сплайны в полилинии.

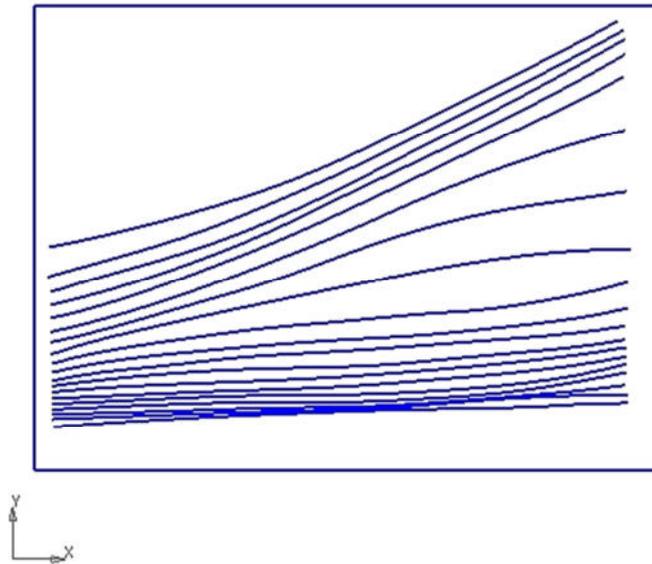


Рис. 4. Итоговый вариант диаграммы, полученной в системе nanoCAD

4. Сохранить файл в формате DXF R14 или в более новом формате, т. к. алгоритм обработки DXF-файлов построен на более новой спецификации формата от 2010 г.

5. Открыть полученный файл в программе Wizard DXF Digitizer, задать параметры контрольных линий и нажать на кнопку «Получить данные». Затем программа предложит сохранить данные при успешной обработке файла (рис. 5).

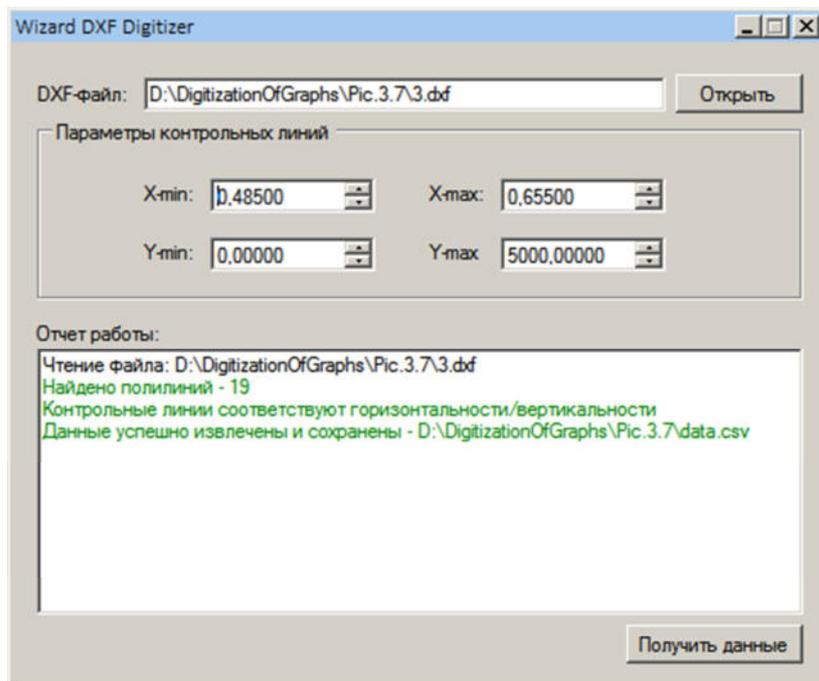


Рис. 5. Результат работы программы Wizard DXF Digitizer

6. Завершающим этапом оцифровки диаграммы является обработка полученных данных. Так как Wizard DXF Digitizer производит только извлечение координат линий графиков и их масштабирование в зависимости от указанных минимальных и максимальных значений координатных осей, последний этап обработки данных заключается в их аппроксимации, то есть нахождении тех функций, которые наиболее близко проходили бы около данных точек.

С помощью программы Excel, опытным путём, на примере графика $Fr = 0,35$ было установлено, что наибольшую достоверность ($R^2 = 0,9999926$) и наименьшую относительную ошибку аппроксимации (0,051075 %) имеет полиномиальная функция 6-й степени. Общий вид полинома 6-й степени представлен в виде

$$y = a_0x^6 + a_1x^5 + a_2x^4 + a_3x^3 + a_4x^2 + a_5x + a_6.$$

Коэффициенты полиномов, полученных в программе Excel, представлены в табл. 1.

Получение аппроксимирующих функций можно упростить определением соответствующих коэффициентов полиномов 6-й степени и автоматизацией их получения с помощью свободной системы для математических вычислений GNU Octave. Алгоритм, написанный на языке программирования Octave для определения коэффициентов полиномов 6-й степени, выглядит следующим образом:

```

1) #Чтение файла data.csv с разделителем ',';
2) data = dlmread('data.csv',';');
3) #Количество линий;
4) countLines = 0;
5) #Массивы с координатами полилинии по осям X и Y;
6) xLine = [];
7) yLine = [];
8) #Цикл, считывающий матрицу data;
9) for i = 2:1:rows(data);
10) #Значение по оси X;
11) x = data(i,1);
12) #Значение по оси Y;
13) y = data(i,2);
14) #Если значения равны нулю, то начинаются данные следующей линии;
15) if ((x == 0) && (y == 0)) || (i == rows(data));
16) #Увеличиваем количество линий на 1;
17) countLines++;
18) #Номер полинома;
19) countPolynomial = {strcat('Polynomial #', num2str(countLines))};
20) #Запись номера полинома;
21) dlmwrite('outputData.csv', cell2mat(countPolynomial), '-', 'append');
22) #Поиск коэффициентов полинома 6-й степени;
23) k = polyfit(xLine, yLine, 6);
24) #Запись коэффициентов полинома в файл;
25) dlmwrite('outputData.csv', k, ';', 'append');
26) #Сбрасываем данные координат полилинии по осям X и Y;
27) xLine = [];
28) yLine = [];
29) else;
30) xLine = [xLine x];
31) yLine = [yLine y];
32) endif;
33) endfor.

```

При помощи данного алгоритма можно с лёгкостью получить коэффициенты полиномов для каждой кривой на диаграмме (табл. 2).

Таблица 1

Коэффициенты полиномов 6-й степени, полученные в программе Excel

График Fr	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	Достоверность аппроксимации R^2
0.35	+662 647 322,6875	-2 211 479 704,9499	+3 066 348 320,40265	-2 261 117 648,80524	+935 311 120,985456	-205 797 120,009082	+18 821 092,3632559	0,999992625
0.34	-49 677 216,4375	+207 836 771,684897	-349 191 428,357908	+304 425 288,793432	-146 060 408,941578	+36 713 501,7856781	-3 786 824,06537007	0,999992945
0.33	-379 672 106,75	+1 365 236 957,13049	-2 037 290 195,8752	+1 614 905 835,1283	-717 109 668,185258	+169 138 741,326831	-16 553 768,6487045	0,999987713
0.32	-470 733 690,125	+1 641 542 655,51164	-2 377 270 932,5214	+1 829 919 603,07748	-789 564 446,689183	+181 051 335,472108	-17 236 175,9126686	0,999987514
0.31	+661 645 130,125	-2 229 275 119,9232	+3 124 529 162,44581	-2 332 055 829,16598	+977 703 071,471483	-218 324 516,441818	+20 288 782,2404214	0,999999007
0.30	+485 430 726,5625	-1 636 036 950,91754	+2 291 679 511,14225	-1 708 139 879,94009	+714 731 714,149353	-159 212 752,681135	+14 753 854,6532426	0,999989843
0.29	+734 173 058,21875	-2 418 376 847,92135	+3 309 221 403,89192	-2 408 121 046,13899	+983 050 674,433208	-213 475 038,972072	+19 267 950,2110397	0,99992416
0.28	-70 142 740,5625	+253 027 229,162411	-381 301 912,663078	+306 821 292,198628	-138 889 930,068887	+33 516 553,9687169	-3 366 827,70393717	0,999996395
0.27	-455 870 371,59375	+1 568 567 625,19821	-2 242 662 898,5053	+1 705 795 981,39619	-728 136 308,440902	+165 427 326,065948	-15 631 163,2083896	0,999856924
0.26	-138 438 777,21875	+485 325 034,510905	-707 006 857,252361	+548 135 608,889562	-238 658 349,067787	+55 360 171,4570645	-5 346 680,60505845	0,999757958
0.25	+123 890 624,921875	-415 004 820,656729	+578 023 731,802922	-428 280 938,559869	+177 951 304,775026	-39 287 072,1921404	+3 598 490,83360243	0,999419807
0.24	+886 177 409,375	-3 028 518 922,51215	+4 302 769 847,13452	-3 252 714 154,69944	+1 379 788 626,30063	-311 379 229,287459	+29 204 265,9511859	0,999559569
0.23	+122 621 678,890625	-402 143 697,839992	+546 737 783,504861	-394 169 971,576513	+158 823 023,657417	-33 883 141,700897	+2 987 860,44149009	0,99999383
0.22	+515 068 437,390625	-1 747 292 129,73725	+2 465 022 741,51222	-1 851 006 699,82999	+780 235 754,071009	-175 036 749,335059	+16 327 083,5558662	0,999912483
0.21	+361 789 092,828125	-1 246 849 772,23152	+1 788 186 642,8178	-1 365 665 781,34055	+585 639 862,485012	-133 676 763,132218	+1 268 6810,2718309	0,999803584
0.20	+205 673 783,84375	-726 219 738,393534	+1 065 483 606,04556	-831 131 983,090539	+363 451 358,818807	-84 462 511,6029638	+8 148 580,1993872	0,999660113
0.19	+299 373 738,9375	-1 038 752 416,27409	+1 498 212 814,60277	-1 149 623 333,46181	+494 930 132,546592	-113 340 262,033425	+10 786 127,6909438	0,999101257
0.18	+378 551 043,898437	-1 320 137 153,97441	+1 911 078 843,34909	-1 470 111 507,14255	+633 865 679,091331	-145 255 363,716178	+13 822 767,4711414	0,999195271
0.17	-316 756 669,625	+1 076 305 684,65449	-1 520 415 039,49511	+1 142 971 433,27314	-482 288 813,091612	+108 316 852,676758	-10 116 440,0781955	0,99908422

Коэффициенты полиномов 6-й степени, полученные алгоритмом

График Fr	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
0.35	+662 647 323,042158	-2 211 479 706,17156	+3 066 348 322,14958	-2 261 117 650,14712	+935 311 121,575303	-20 5797 120,150883	+18 821 092,3778842
0.34	-49 677 217,0302649	+207 836 773,67703	-349 191 431,148513	+304 425 290,871807	-146 060 409,807793	+36 713 501,9771862	-3 786 824,082958
0.33	-379 672 101,979596	+1 365 236 940,87313	-2 037 290 172,85656	+1 614 905 817,7994	-717 109 660,87044	+169 138 739,68528	-16 553 768,4956787
0.32	-470 733 688,632478	+1 641 542 650,55147	-2 377 270 925,62014	+1 829 919 597,93681	-789 564 444,527365	+181 051 334,985192	-17 236 175,8667224
0.31	+661 645 128,949377	-222 927 5116,07929	+3 124 529 157,28631	-2 332 055 825,53888	+977 703 070,070532	-218 324 516,162394	+20 288 782,218277
0.30	+485 430 722,4067	-1 636 036 936,84646	+2 291 679 491,30523	-1 708 139 865,03727	+714 731 707,858308	-159 212 751,266893	+14 753 854,5210668
0.29	+734 173 056,403226	-2 418 376 841,60197	+3 309 221 394,77187	-2 408 121 039,14904	+983 050 671,430153	-213 475 038,285707	+19 267 950,1457667
0.28	-70 142 740,1522164	+253 027 227,726979	-381 301 910,569955	+306 821 290,568938	-138 889 929,354226	+33 516 553,8014717	-3 366 827,6876450
0.27	-455 870 377,454582	+1 568 567 645,42277	-2 242 662 927,52108	+1 705 796 003,54794	-728 136 317,931064	+165 427 328,228828	-15 631 163,4132107
0.26	-138 438 779,078256	+485 325 040,833866	-707 006 866,186604	+548 135 615,601763	-238 658 351,894819	+55 360 172,089808	-5 346 680,6638477
0.25	+123 890 627,478887	-415 004 829,334289	+578 023 744,069175	-428 280 947,806569	+177 951 308,696713	-39 287 073,0796958	+3 598 490,9173761
0.24	+886 177 423,625576	-3 028 518 971,3557	+4 302 769 916,77596	-3 252 714 207,57116	+1 379 788 648,8428	-311 379 234,404929	+29 204 266,4344475
0.23	+122 621 679,405982	-402 143 699,597448	+546 737 785,985212	-394 169 973,431476	+158 823 024,432674	-33 883 141,8724856	+2 987 860,4571849
0.22	+515 068 434,10641	-1 747 292 118,45762	+2 465 022 725,40747	-1 851 006 687,59249	+780 235 748,850483	-175 036 748,149329	+16 327 083,44382
0.21	+361 789 094,029075	-1 246 849 776,32371	+1 788 186 648,61728	-1 365 665 785,71738	+585 639 864,340665	-133 676 763,551369	+12 686 810,3112441
0.20	+205 673 784,547174	-726 219 740,813657	+1 065 483 609,50979	-831 131 985,731395	+363 451 359,949316	-84 462 511,86054	+8 148 580,2237786
0.19	+299 373 739,843153	-1 038 752 419,40289	+1 498 212 819,09926	-1 149 623 336,9025	+494 930 134,025121	-113 340 262,371759	+10 786 127,7231595
0.18	+378 551 042,712199	-1 320 137 149,89026	+1 911 078 837,49623	-1 470 111 502,6754	+633 865 677,176796	-145 255 363,279494	+13 822 767,4297501
0.17	-19 432 699,7020776	+77 071 751,6149982	-123 440 996,146609	+103 045 061,83788	-47 544 780,0995978	+11 542 955,3396853	-1 155 208,7060395

Если провести сравнение аппроксимирующих функций, полученных при ручном построении аппроксимирующей функции по точкам в программе Excel и полученных коэффициентов полинома из алгоритма, написанного на языке программирования Octave, на примере графика $F_r = 0,35$, то получим разницу относительной ошибки аппроксимации $16 \cdot 10^{-10} \%$.

Поэтому использование алгоритма, написанного на языке программирования Octave, позволяет получить функцию, не уступающую по точности функции, построенной по точкам в программе Excel, значительно уменьшает трудоёмкость получения итоговых функций диаграммы.

Заключение

Таким образом, на основе вышеперечисленного можно выделить следующие преимущества программы Wizard DXF Digitizer по сравнению с другими средствами оцифровки графиков и диаграмм:

- уменьшение времени оцифровки графиков и повышение точности результатов за счёт применения различных инструментов САД-систем;

- возможность сохранять результат процесса оцифровки;

- удобные интерфейсы САД-систем.

Однако программа Wizard DXF Digitizer не лишена недостатков:

- ручная оцифровка;

- приходится учитывать некоторые особенности каждой САД-системы.

Следует отметить, что программа в том виде, в котором она сейчас существует, совместно с алгоритмом, написанным на языке программирования Octave, позволяют значительно упростить задачу по оцифровке графиков и диаграмм в отличие от использования иных свободно распространённых средств по оцифровке графиков, а её дальнейшее развитие поспособствует улучшению этого результата.

Приведённые выше возможности, преимущества и результаты программы в совокупности позволяют интегрировать её в качестве одного из наиболее эффективных компонентов в общую систему по автоматизации расчётов сопротивления движения судна, а через неё – в автоматизацию расчётов ходкости судна и, возможно, в дальнейшем – в автоматизацию расчётов мореходных качеств судна в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Войткунский Я. И., Першиц Р. Я., Титов И. А.* Ходкость и управляемость: справ. по теории корабля. Л.: Судостроительная промышленность, 1960. 689 с.

2. *Бочкарева Е. А.* Сравнительный анализ программ оцифровки графиков // *Соврем. науч. исследования и инновации.* 2015. № 11 (55). С. 252–257.

3. *Шурыгин В. В., Саламех А.* Практические способы определения сопротивления движению судна // *Наука и практика – 2018: материалы Всерос. междисциплинар. науч. конф. (Астрахань, 18–23 июня 2018 г.).* Астрахань: Изд-во АГТУ, 2018. URL: CD-диск. № гос. регистрации 0321803358.

4. *Абольянин К. П., Саламех А. Х.* Применение САД-систем для оцифровки графиков по расчёту ходкости судна // *Материалы 68-й Междунар. студенч. науч.-техн. конф. (Астрахань, 16–20 апреля 2018 г.).* Астрахань: Изд-во АГТУ, 2018. URL: CD-диск. № гос. регистрации 0321802327.

5. *Жинкин В. Б.* Теория и устройство корабля. СПб.: Судостроение, 2000. 336 с.

Статья поступила в редакцию 14.03.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Абольянин Константин Павлович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; neo.matrix95@yandex.ua.

Шурыгин Василий Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; vas_jin@mail.ru.

Саламех Али – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; a.salameh@mail.ru.



DIGITALIZATION OF DIAGRAMS FOR DETERMINING COEFFICIENTS OF WATER RESIDUAL RESISTANCE TO SHIP'S MOVEMENT

K. P. Abolyanin, V. V. Shurygin, Salamekh Ali

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The article presents calculating the water resistance to the movement of the vessel, which is quite difficult and time-consuming task. The accuracy of solving this task directly affects the analysis of the ship propulsion. The programs of automated analysis of ship propulsion have become very popular in the shipbuilding industry; they help to increase the efficiency of solving these problems. The existing programs of digitizing graphs have been analyzed. Digitalization comprises building a graph in CAD system with further transforming the file into DFX format in the developed program. A new program for digitizing diagrams which are used in calculating water resistance to the vessel movement has been proposed. The algorithm and operation principle have been presented, as well as a distinctive feature of the developed program. The minimum system requirements for installing the program on a personal computer are indicated. The demonstration analysis of the program by input of source data for calculation and the output area of the work report were made. Based on a diagram representing the dependences of the coefficient of residual water resistance to the movement of the vessel on the overall completeness coefficient for the V-shaped bow of the vessel there is given an example of the sequence of data entry methods and getting results. There have been stated the advantages and weak points of Wizard DFX Digitizer software compared to other means of graphs digitalization. The advantages are: reduced time for graph digitalization and growing precision of the results due to application of CAD tools, ability to save digitizing results and friendly CAD system interface. The weak points are: manual digitizing process, the need to take into account certain specific features of each CAD system.

Key words: residual resistance, digitization, diagram, source data, results processing, water resistance, ship propulsion.

For citation: Abolyanin K. P., Shurygin V. V., Salamekh Ali. Digitalization of diagrams for determining coefficients of water residual resistance to ship's movement. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;2:16-25. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-16-25.

REFERENCES

1. Voitkunskii Ia. I., Pershits R. Ia., Titov I. A. *Khodkost' i upravliaemost': spravochnik po teorii korablia* [Propulsion and manoeuvrability: handbook on the ship theory]. Leningrad, Sudostroitel'naia promyshlennost' Publ., 1960. 689 p.
2. Bochkareva E. A. Sravnitel'nyi analiz programm otsifrovki grafikov [Comparative analysis of graph digitizing programs]. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii*, 2015, no. 11 (55), pp. 252-257.
3. Shurygin V. V., Salamekh A. Prakticheskie sposoby opredeleniia soprotivleniia dvizheniiu sudna. Nauka i praktika – 2018 [Practical means of determining resistance to the ship propulsion]. *Materialy Vserossiiskoi mezhdistsiplinarnoi nauchnoi konferentsii (Astrakhan', 18–23 iunია 2018 g.)*. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2018. Available at: CD-disc. № gosudarstvennoj registracii 0321803358.
4. Abol'ianin K. P., Salamekh A. Kh. Primenenie CAD-sistem dlia otsifrovki grafikov po raschetu khodkosti sudna [Using CAD system for digitizing graphs of ship propulsion analysis]. *Materialy 68-i Mezhdunarodnoi studencheskoi nauchno-tekhnikheskoi konferentsii (Astrakhan', 16–20 apreliia 2018 g.)*. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2018. Available at: CD-disc. № gosudarstvennoj registracii 0321802327.
5. Zhinkin V. B. *Teoriia i ustroistvo korablia* [Theory and construction of the ship]. Saint-Petersburg, Sudostroenie Publ., 2000. 336 p.

The article submitted to the editors 14.03.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abolyanin Konstantin Pavlovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Engineering; neo.matrix95@yandex.ua.

Shurygin Vasily Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Engineering; vas_jin@mail.ru.

Salamekh Ali – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Engineering; a.salameh@mail.ru.

