

## تحديد المقاومة الكلية لمجموعة من سفن ناقلات بضائع الصب بدلالة سرعة السفينة

د. رامي حوا\*

فيونس حيدر\*\*

(تاريخ الإيداع 29 / 11 / 2016. قُبل للنشر في 19 / 3 / 2017)

### □ ملخص □

أجري هذا البحث بالاعتماد على تحليل بياني لعدد كبير من سفن ناقلات بضائع الصب عن طريق قاعدة بيانات مضمنة مسبقاً استعانت بها الباحثة في دراستها، بالإضافة إلى إحصائيات لعدد عمليات النقل البحري العالمي في السنوات الأخيرة. هدف البحث إلى الحصول على طريقة سهلة ودقيقة نسبياً لتحديد المقاومة الكلية لسفن ناقلات بضائع الصب الضخمة بدلالة السرعة، لأهمية استخداماتها في الحسابات التصميمية الخاصة بالسفينة. توصلت الباحثة إلى إيجاد علاقة تقريبية بين المقاومة الكلية لسفينة ناقلة البضائع الصب الضخمة وبين سرعة السفينة أثناء الخدمة بطريقة رياضية استنتاجية، بالإضافة إلى إثبات صحة العلاقة المستنتجة عن طريق المنحنيات البيانية والمقارنات مع القيم المضمنة ضمن قاعدة البيانات، في النهاية تم الحصول على قيم للمقاومات عند مختلف السرع بفروقات بسيطة.

الكلمات المفتاحية : ناقلات بضائع الصب ، المقاومة الكلية للسفينة

\* أستاذ - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين.  
\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين.

## **Estimate the total resistance for group of bulk carriers according to the speed of the ship**

**Dr. Rami Hawa\***  
**Venus Haider\*\***

**(Received 29 / 11 / 2016. Accepted 19 / 3 / 2017)**

### **□ ABSTRACT □**

This research is fulfilled depending on a data analysis for a large number of bulk carriers.

This research depends on a data base and a number of statistics of international maritime transport in the last recent years.

The aim of this study is to get an easy and specific way to estimate the total resistance of huge bulk carriers according to service speed, due to the importance of its use in the specific ship calculations.

The researcher got a content between the total resistance of huge bulk carriers and its speed during the sea service a result way in addition to prove the result formal by data and comparisons with the values within the data base.

at the end, the resistance values have been got at several speeds with simple difference.

**Key words:** Bulk carriers , the total ship resistance

---

\*Professor at Marine Engineering Department, Mechanical and Electrical Engineering Faculty, Tishreen University.

\*\* Postgraduate student, Marine Engineering Department, Mechanical and Electrical Engineering Faculty, Tishreen University..

## مقدمة:

من المعلوم أن قوة المقاومة الهيدروليكية لحركة السفينة تتعلق بأبعاد السفينة، وبشكل الجزء الغاطس من البدن، وايضاً بسرعة هذه السفينة. تتولد المقاومة الهيدروليكية للسفينة نتيجة الاضطرابات الحاصلة في توازن كتل الماء بفعل حركة بدن السفينة. تظهر هذه الاضطرابات بأشكال مختلفة مؤدية إلى خلق عدة اشكال للمقاومات حيث تنقسم المقاومة الكلية للسفينة إلى مقاومة الامواج  $R_w$ ، مقاومة الاحتكاك  $R_f$ ، مقاومة الضغط  $R_p$ ، مقاومات اضافية  $R_d$ . يسمى مجموع مقاومة الأمواج  $R_w$  ومقاومة الضغط  $R_p$  بمقاومة الشكل أو المقاومة المتبقية  $R_f$ ، بينما تنقسم المقاومات الاضافية  $R_d$  إلى (مقاومة الأجزاء البارزة  $R_c$ ، مقاومة الهواء  $R_a$ ، مقاومة بفعل ظهور نباتات (حشف) على جدران البدن، مقاومة بفعل سوء الأحوال الجوية) [1]

بالتالي تكون المقاومة الكلية للسفينة مساوية مجموع المقاومات المذكورة، اي أن :

$$R_t = R_w + R_f + R_p + R_d$$

هنالك طرق تقريبية عديدة لحساب هذه المقاومات تعتمد على علاقات رياضية متعددة وقيم معاملات لايعدية ومخططات بيانية موضوعة لحساب قيم هذه المعاملات وجداول خاصة، حيث أن علاقات حساب المقاومات تتناسب مع مربع سرعة السفينة، كثافة الماء، كثافة الهواء، قيم المعاملات اللايعدية، مساحة السطح المبلل من بدن السفينة، مساحة مسقط جميع أجزاء السفينة الواقعة فوق سطح الماء على المستوى القطاعي العرضي المنصف... الخ [1].

## مشكلة البحث:

تكمن ضرورة حساب المقاومات الهيدروليكية للسفينة في الحاجة اليها للعديد من الحسابات الخاصة بالسفينة فعلى سبيل المثال ينبغي على مصممي السفن تحديد استطاعات محركات الدفع ونوعها و حجمها بعد تحديد مقاومات حركة السفينة خلال مراحل التصميم الاولية، وذلك لتأمين السرعة المطلوبة للسفينة المصممة ، بالإضافة الى الحاجة اليها في العديد من الدراسات المتعلقة بسلوك السفينة بفعل الأمواج البحرية وتخفيض الانبعاثات الصادرة عنها .... الخ إن ضرورة الحصول على قيمة المقاومة الكلية للسفينة دفع الباحثة الى التساؤل، هل بإمكاننا تقدير المقاومة الكلية للسفينة بطريقة مبسطة وسريعة من دون الاعتماد على طرق حساب المقاومات ذات المخططات و الجداول المتنوعة ؟ وللإجابة على هذا التساؤل بدأت الباحثة بالدراسة بالاعتماد على تحليل بياني لعدد كبير من السفن للحصول على طريقة سهلة الاستخدام و دقيقة بصورة نسبية.

## أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في استنتاج علاقة جديدة تمكننا من تقدير المقاومة الكلية للسفينة وذلك عن طريق قيم المقاومات لسفن موجودة محسوبة سابقاً مضمنة ضمن قاعدة بيانات ستمكننا من الوصول إلى تحقيق هدف البحث الذي يسعى للحصول على قيم تقريبية للمقاومة الكلية للسفينة بأبسط طريقة ممكنة، حيث تم على مدى خمسة عشر سنة بدءاً من 1 كانون الثاني 2000 وحتى 1 كانون الثاني 2014 تضمين قاعدة بيانات استخدمت لخلق خطوط أساسية لأنواع مختلفة من السفن تتبع لنفس العلم.

## طرائق البحث ومواده:

إن منهج البحث العلمي المتبع في هذه الدراسة هو منهج تحليلي رياضي إذ يعتمد على تجميع بيانات خاصة بالسفن المدروسة ومن ثم العمل على صياغة تابع رياضي (تابع المقاومة بالنسبة للسرعة) للسفن المعنية، ومن ثم العمل على اختبار مدى صحة إختيار التابع الرياضي من خلال مقارنة النتائج التي سيتم الحصول عليها مع النتائج المحسوبة عن طريق إحدى الطرق التقريبية المعتمدة عالمياً لتحديد مقاومة السفينة.

الجدول (1) عدد عمليات النقل نسبة للتجارة

	2015	2014
Dry Bulk	3285	3050
Container	3253	3031
Tankers	2320	2233
Refrigerated	1479	1718
General Cargo	943	834
Carriers	633	607
Others	850	893
Passengers	225	225
Total	12988	12591

تم التخطيط لإجراء البحث على سفن الحاويات الكبيرة container ships، ولكن وبحسب المعلومات الواردة في الجدول (1) الذي يبين عدد عمليات النقل بواسطة السفن في العام 2014 مقارنة بالعام 2015، تبين أن سفن ناقلات بضائع الصب bulk carriers هي التي تحتل المرتبة الأولى بعدد عمليات النقل [2]. وعليه سيركز هذا البحث على تحليل البيانات المتوفرة

عن اساطيل سفن ناقلات بضائع الصب بما يتلائم مع تطور عمليات النقل في السنوات الخمسة الأخيرة، ومن ثم مقارنة النتائج .

يظهر الجدول (2) النتائج النهائية للتحليل الإحصائي لأعداد ضخمة من السفن المأخوذ من الدراسة المرجعية [3] حيث يوضح المرجع [3] تفاصيل تحليل البيانات والطرق التي تم من خلالها الحصول على القيم المطلوبة، لقد تم تحليل بيانات مايقارب 4000 سفينة bulk carriers ذات حمولات مختلفة وتبين عن طريق مخططات بيانية احصائية بأن السفن ذات نماذج الحمولات الساكنة الأربعة التالية هي السفن الأكثر استخداماً في النقل البحري وهي التي سيتم اجراء الدراسة عليها.

الجدول (2) ملخص عن بيانات (حمولات وأبعاد) سفن ناقلات الصب الأكثر استخداماً في النقل البحري

DWT(t)	Disp(t)	LOA(m)	LBP(m)	B(m)	D(m)	T(m)	C <sub>B</sub>
82000	95400	299	225	32.26	20.2	14.45	0.887
92500	108000	229.5	220	38	20.7	14.9	0.846
87000	108000	229	222	36.5	19.9	13.9	0.830
115000	134000	254	248	43	20.2	14.5	0.846

بالاعتماد على قاعدة البيانات لنماذج السفن الأربعة المذكورة أعلاه، وبعد الحصول على المزيد من المعلومات التفصيلية لبيانات هذه السفن بما يخص قيم المقاومات كتابع لسرعة السفينة [4,5,6] فقد لوحظ بأن المنحني البياني الذي يمثل تابع المقاومة بالنسبة للسرعة يكافئ ويشكل كبير المنحني البياني الخاص بالتابع الأسي، وعليه تم افتراض أن المقاومة الكلية للسفينة يمكن التعبير عنها كتابع أسي بدلالة السرعة ، أي وفق المعادلة العامة التالية:

$$R_t \approx a.e^{b.V_{ref}} \quad (1)$$

حيث أن:

$R_i$ : قيمة المقاومة الكلية للسفينة (KN).

$V_{ref}$ : قيمة سرعة السفينة أثناء الخدمة (Knot).

نأخذ نقطة أولى من المنحني ولتكن عند السرعة  $V_1$  ونعوض في العلاقة (1):

$$R_1 = a \cdot e^{b \cdot V_1} \quad (2)$$

نأخذ نقطة ثانية من المنحني ولتكن عند السرعة  $V_2$  ونعوض في العلاقة (1):

$$R_2 = a \cdot e^{b \cdot V_2} \quad (3)$$

بالعودة إلى (2) وأخذ لوغاريتم الطرفين:

$$e^{b \cdot V_1} = R_1 / a \implies b \cdot V_1 = \ln R_1 - \ln a$$

$$b = \frac{\ln R_1}{V_1} - \frac{\ln a}{V_1} \quad (4)$$

نعوض في (3):

$$R_2 = a \cdot e^{(V_2 \frac{\ln R_1}{V_1} - V_2 \frac{\ln a}{V_1})} \implies R_2 = a \cdot \frac{e^{\frac{V_2}{V_1} (\ln R_1)}}{e^{\frac{V_2}{V_1} (\ln a)}}$$

$$R_2 = a \cdot \frac{R_1^{\frac{V_2}{V_1}}}{a^{\frac{V_2}{V_1}}} = \frac{R_1^{\frac{V_2}{V_1}}}{a^{\frac{V_2}{V_1} - 1}}$$

$$a^{\frac{V_2}{V_1} - 1} = \frac{R_1^{\frac{V_2}{V_1}}}{R_2}$$

نأخذ لوغاريتم الطرفين:

$$\left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) \ln a = \ln \frac{R_1^{\frac{V_2}{V_1}}}{R_2} \implies \ln a = \frac{\ln \frac{R_1^{\frac{V_2}{V_1}}}{R_2}}{\frac{V_2}{V_1} - 1}$$

$$a = e^{\frac{\ln \frac{R_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)}{R_2}}{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{-1}}} \quad (5)$$

وهكذا نحصل على علاقات لحساب كل من  $a$  ,  $b$  عند كل نقطة من نقاط المنحني، فتكون قيم  $a$  ,  $b$  عند النقطة الأولى تساوي :

$$a_{(V_1)} = e^{\frac{\ln \left(\frac{R_1 V_1}{R_2}\right)}{\frac{V_2}{V_1} - 1}}, \quad b_{(V_1)} = \frac{\ln R_1}{V_1} - \frac{\ln a}{V_1}$$

وهكذا تكون قيمة المقاومة الكلية عند النقطة الأولى تساوي:

$$R_{t1} \approx a \cdot e^{b V_1} \quad (6)$$

وتكون قيم  $a$  ,  $b$  عند النقطة الثانية تساوي :

$$a_{(V_2)} = e^{\frac{\ln \left(\frac{R_2 V_2}{R_3}\right)}{\frac{V_3}{V_2} - 1}}, \quad b_{(V_2)} = \frac{\ln R_2}{V_2} - \frac{\ln a}{V_2}$$

فتكون قيمة المقاومة الكلية عند النقطة الثانية تساوي:

$$R_{t2} \approx a \cdot e^{b V_2} \quad (7)$$

ويتكرر العملية الرياضية على كافة نقاط المنحني عند سرعات مختلفة فينتج قيم مختلفة لـ  $a$  و  $b$  عند كل نقطة من نقاط المنحني.

وأخيراً تحدد القيم الوسطية لـ  $a$  و  $b$  لمجمل نقاط منحني المقاومة بالنسبة للسرعة على النحو الآتي:

$$a_m = \frac{\sum a_i}{m}, \quad b_m = \frac{\sum b_i}{m}$$

حيث أن :

$a_m$  : قيمة  $a$  الوسطية ،  $a_i$  : قيمة  $a$  عند كل نقطة من نقاط المنحني.

$b_m$  : قيمة  $b$  الوسطية ،  $b_i$  : قيمة  $b$  عند كل نقطة من نقاط المنحني.

$m$  : العدد الكلي للنقاط المعتبرة.

فتصبح المعادلة النهائية لحساب قيمة المقاومة الكلية للسفينة على الشكل التالي :

$$R_t \approx a_m \cdot e^{bm \cdot V_{ref}} \quad (8)$$

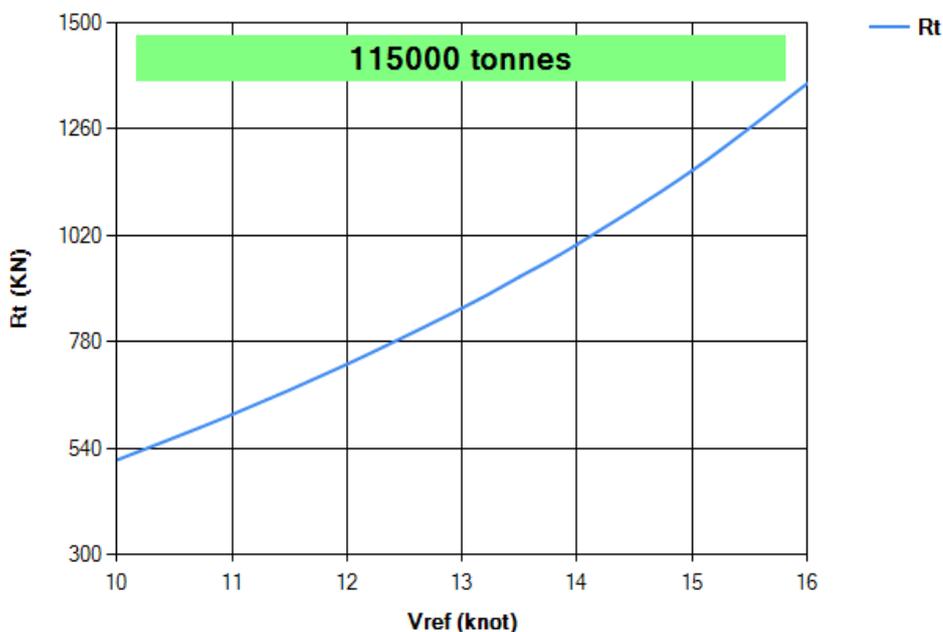
### النتائج والمناقشة:

#### 1- سفينة bulk carriers ذات الحمولة 115000T :

بالاعتماد على قيم المقاومات للسفن المضمنة ضمن قاعدة البيانات التي وضعت على مدى السنوات الأخيرة، تم أخذ بيانات السفينة ناقلة الصب ذات الحمولة 115000 tonnes ضمن الجدول (3) الذي يتضمن قيم المقاومات بالنسبة لسرعة السفينة اثناء الخدمة  $V_{ref}$ ، ثم تم إنشاء المنحني رقم (1) للمقاومة كتابع لسرعة السفينة

الجدول (3) قيم مقاومات سفينة bulk carriers ذات الحمولة 115000 tonnes بالنسبة للسرعة

Speed(knots)	10	11	12	13	13.5	14	15	16
$R_t$ (KN)	513.80	616.61	730.14	856.86	927.51	1000.75	1167.19	1363.72



الشكل (1) المنحني البياني للمقاومة الكلية لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 115000 T بالنسبة للسرعة

وتحدد قيم  $a$  و  $b$  لكل نقطة من نقاط المنحني من العلاقة (4) و (5) ثم تحدد قيمها الوسطية كما في

الجدول(4):

جدول(4) يبين قيم  $a$  و  $b$  المحسوبة لكافة نقاط المنحني لسفينة 115000T

b	a	V	RT
0.182403	82.9143	10	513.8
0.169	96.0858	11	616.61
0.160038	106.9945	12	730.14

0.158458	109.2151	13	856.86
0.152003	119.1598	13.5	927.51
0.153849	116.1187	14	1000.75
0.155617	113.0803	15	1167.19
		16	1363.72
1.131368	743.5685		SUM
0.161624	106.2241		MED

بتعويض قيم  $a$  و  $b$  الوسطية في المعادلة (8) تصبح معادلة حساب المقاومة لسفينة ناقلة الصب ذات الحمولة 115000T على الشكل التالي :

$$R_t \approx 106.224 \cdot e^{0.162V_{ref}} \quad (9)$$

فتصبح قيم المقاومات المحسوبة  $R$  عند كافة السرع مبينة في الجدول التالي :

الجدول (5) قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة **bulk carriers** ذات الحمولة 115000T بالنسبة للسرعة

Speed	10	11	12	13	13.5	14	15	16
R(KN)	534.745	628.55	738.808	868.408	941.500	1020.743	1199.80	1410.267

يبين الجدول(6) مقارنة بين قيم المقاومات المستنتجة باستخدام العلاقة (1) مع قيم المقاومات المأخوذة من

قاعدة البيانات:

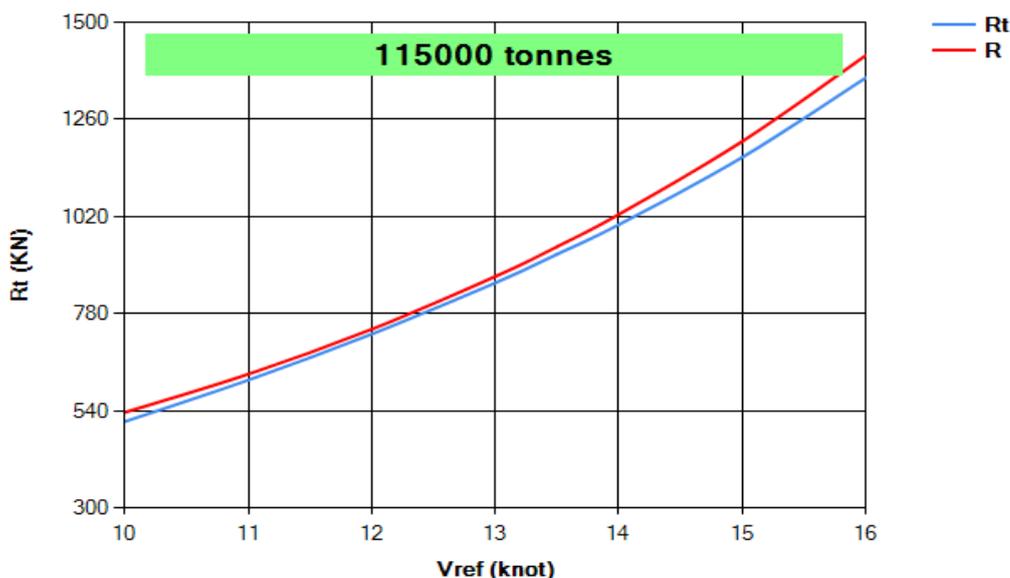
الجدول (6) مقارنة بين قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة **bulk carriers**

ذات الحمولة 115000T وقيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة

مقدار الانزياح	RT	R	V
4.07%	513.8	534.7453002	10
1.94%	616.61	628.5493505	11
1.19%	730.14	738.8083369	12
1.35%	856.86	868.4087548	13
1.51%	927.51	941.5001551	13.5
1.99%	1000.75	1020.743443	14
2.79%	1167.19	1199.800405	15
3.41%	1363.72	1410.267215	16

نرسم المنحني البياني لقيم المقاومات المحسوبة بالنسبة للسرعة و نقارنه مع المنحني لقيم المقاومات المأخوذة

من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة كما هو مبين في الشكل (2):



الشكل (2) مقارنة بين المنحنيين البيانيين للمقاومة الكلية المحسوبة R و Rt لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 115000 T بالنسبة للسرعة من خلال المقارنة بين قيم كل من R و Rt ، نلاحظ أن مقدار الانحراف قليل ومقبول.

## 2- سفينة bulk carriers ذات الحمولة 82000T :

بالاعتماد على قيم المقاومات للسفن المضمنة ضمن قاعدة البيانات التي وضعت على مدى السنوات الأخيرة، تم أخذ بيانات السفينة ناقلة الصب ذات الحمولة 82000 tonnes ضمن الجدول (7) الذي يتضمن قيم المقاومات بالنسبة لسرعة السفينة اثناء الخدمة Vref، ثم تم إنشاء منحنى المقاومة Rt كتابع لسرعة السفينة ، الشكل (3)

الجدول (7) قيم مقاومات سفينة bulk carriers ذات الحمولة 82000 tonnes بالنسبة للسرعة

Speed(knots)	16	15	14	13.5	13	12	11	10
Rt(KN)	1124.13	948.16	802.46	739.73	679.81	574.78	482.82	401.24

ويتكرر مماثل لكل ماسبق نحصل على النتائج المبينة في الجدول (8) :

جدول (8) يبين قيم a و b المحسوبة لكافة نقاط المنحنى لسفينة 82000T

b	a	V	RT
0.185084	63.03677	10	401.24
0.174343	70.94224	11	482.82
0.167826	76.71333	12	574.78
0.168944	75.60661	13	679.81
0.162794	82.15214	13.5	739.73
0.166841	77.62616	14	802.46
0.170241	73.7663	15	948.16
		16	1124.13
1.196074	519.8435		sum
0.170868	74.26336		med

بتعويض قيم  $a$  و  $b$  الوسطية في المعادلة (8) تصبح معادلة حساب المقاومة لسفينة ناقلة الصب ذات الحمولة 82000T على الشكل التالي :

$$R_r \approx 74.263 e^{0.171 V_{ref}} \quad (10)$$

فتصبح قيم المقاومات المحسوبة  $R$  عند كافة السرع مبينة في الجدول التالي :

الجدول (9) قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة **bulk carriers** ذات الحمولة 82000T بالنسبة للسرعة

Speed	10	11	12	13	13.5	14	15	16
R(KN)	410.056	486.463	577.108	684.643	745.705	812.215	963.557	1143.10

يبين الجدول (10) مقارنة بين قيم المقاومات المستنتجة باستخدام العلاقة (1) مع قيم المقاومات المأخوذة من

قاعدة البيانات:

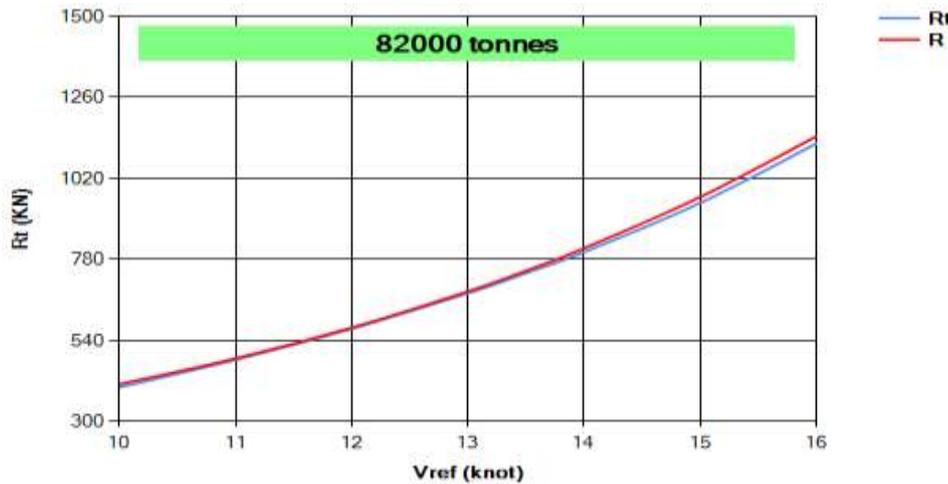
الجدول (10) مقارنة بين قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة **bulk carriers**

ذات الحمولة 82000T وقيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة

مقدار الانزياح	RT	R	V
2.19%	401.24	410.0562323	10
0.75%	482.82	486.4635414	11
0.41%	574.78	577.1081098	12
0.71%	679.81	684.6428191	13
0.81%	739.73	745.7057596	13.5
1.22%	802.46	812.2148724	14
1.62%	948.16	963.5579028	15
1.68%	1124.13	1143.101245	16

نرسم المنحني البياني لقيم المقاومات المحسوبة بالنسبة للسرعة و نقرانه مع المنحني لقيم المقاومات المأخوذة

من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة كما هو مبين في الشكل (3) :



الشكل (3) مقارنة بين المنحنيين البيانيين للمقاومة الكلية المحسوبة  $R$

و المأخوذة من قاعدة البيانات  $R_t$  لسفينة **bulk carriers** ذات الحمولة 82000 T بالنسبة للسرعة

من خلال المقارنة بين قيم كل من  $R$  و  $R_t$  نلاحظ أن مقدار الانحراف قليل ومقبول.

### 3- سفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000T :

بالاعتماد على قيم المقاومات للسفن المضمنة ضمن قاعدة البيانات، تم أخذ بيانات السفينة ناقلة الصب ذات الحمولة 87000 tonnes ضمن الجدول ( 11 ) الذي يتضمن قيم المقاومات بالنسبة لسرعة السفينة اثناء الخدمة  $V_{ref}$ ، ثم تم إنشاء منحنى المقاومة  $R_t$  كتابع لسرعة السفينة ، الشكل(4)

الجدول (11) قيم مقاومات سفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000 tonnes النسبة للسرعة

Speed(knots)	10	11	12	13	13.5	14	15	16
$R_t(KN)$	430.99	517.81	614.47	723.92	785.81	850.37	1000	1180.87

ويتكرر مماثل لكل ماسبق نحصل على النتائج المبين في الجدول(12) :

جدول(12) يبين قيم  $a$  و  $b$  المحسوبة لكافة نقاط المنحنى لسفينة 87000T

b	a	V	RT
0.18352349	68.77566471	10	430.99
0.17115173	78.80207833	11	517.81
0.16392078	85.94527279	12	614.47
0.16406829	85.78062353	13	723.92
0.15791303	93.21317757	13.5	785.81
0.16208373	87.92633201	14	850.37
0.16625145	82.59783378	15	1000
		16	1180.87
1.16891251	583.0409827		SUM
0.1669875	83.29156896		MED

بتعويض قيم  $a$  و  $b$  الوسطية في المعادلة ( 8 ) تصبح معادلة حساب المقاومة لسفينة ناقلة الصب ذات

الحمولة 87000T على الشكل التالي :

$$R_t \approx 83.291e^{0.167V_{ref}} \quad (11)$$

فتصبح قيم المقاومات المحسوبة  $R$  عند كافة السرع مبينة في الجدول التالي :

الجدول (13) قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000T بالنسبة للسرعة

Speed	10	11	12	13	13.5	14	15	16
$R(KN)$	442.403	522.805	617.820	730.102	793.678	862.790	1019.594	1204.895

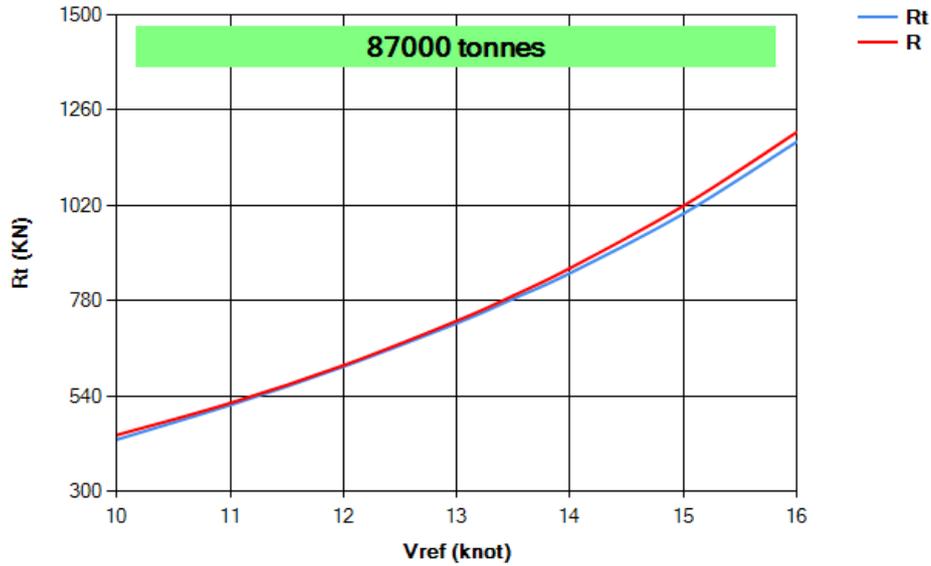
يبين الجدول(14) مقارنة بين قيم المقاومات المستنتجة باستخدام العلاقة ( 1 ) مع قيم المقاومات المأخوذة من

قاعدة البيانات:

الجدول (14) مقارنة بين قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة **bulk carriers** ذات الحمولة **87000T** وقيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة

مقدار الانزياح	RT	R	V
2.65%	430.99	442.4035	10
0.96%	517.81	522.8057	11
0.54%	614.47	617.8201	12
0.85%	723.92	730.1024	13
1.00%	785.81	793.6786	13.5
1.46%	850.37	862.7909	14
1.96%	1000	1019.594	15
2.03%	1180.87	1204.895	16

نرسم المنحني البياني لقيم المقاومات المحسوبة بالنسبة للسرعة و نفاارنه مع المنحني لقيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة كما هو مبين في الشكل(4) :



الشكل (4) مقارنة بين المنحنيين البيانيين للمقاومة الكلية المحسوبة R و المأخوذة من قاعدة البيانات Rt لسفينة **bulk carriers** ذات الحمولة **87000 T** بالنسبة للسرعة

من خلال المقارنة بين قيم كل من R و  $R_t$  نلاحظ أن مقدار الانحراف قليل ومقبول.

#### 4- سفينة **bulk carriers** ذات الحمولة **92500T** :

بالاعتماد على قيم المقاومات للسفن المضمنة ضمن قاعدة البيانات، تم أخذ بيانات السفينة ناقلة الصب ذات الحمولة **92500 tonnes** ضمن الجدول ( 15 ) الذي يتضمن قيم المقاومات بالنسبة لسرعة السفينة اثناء الخدمة  $V_{ref}$ ، ثم تم إنشاء منحني المقاومة  $R_t$  كتابع لسرعة السفينة ، الشكل(5)

الجدول (15) قيم مقاومات سفينة bulk carriers ذات الحمولة 92500 tonnes بالنسبة للسرعة

16	15	14	13.5	13	12	11	10	Speed(knots)
1218.53	1029.68	874.11	807.27	743.21	630.51	531.07	441.87	R <sub>t</sub> (KN)

ويتكرر مماثل لكل ماسبق نحصل على النتائج المبينة في الجدول (16) :

جدول (16) يبين قيم a و b المحسوبة لكافة نقاط المنحني لسفينة 92500T

b	a	V	RT
0.183878	70.26224	10	441.87
0.171635	80.39138	11	531.07
0.16445	87.63088	12	630.51
0.165359	86.60093	13	743.21
0.159096	94.24154	13.5	807.27
0.163797	88.23877	14	874.11
0.168397	82.35558	15	1029.68
		16	1218.53
1.176612	589.7213		SUM
0.168087	84.2459		MED

بتعويض قيم a و b الوسطية في المعادلة (8) تصبح معادلة حساب المقاومة لسفينة ناقلة الصب ذات الحمولة 92500T على الشكل التالي :

$$R_t \approx 84.246e^{0.168V_{ref}} \quad (12)$$

فتصبح قيم المقاومات المحسوبة R عند كافة السرع مبينة في الجدول التالي :

الجدول (17) قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 92500T بالنسبة للسرعة

16	15	14	13.5	13	12	11	10	Speed
1240.338	1048.433	886.219	814.782	749.103	633.202	535.233	452.421	R(KN)

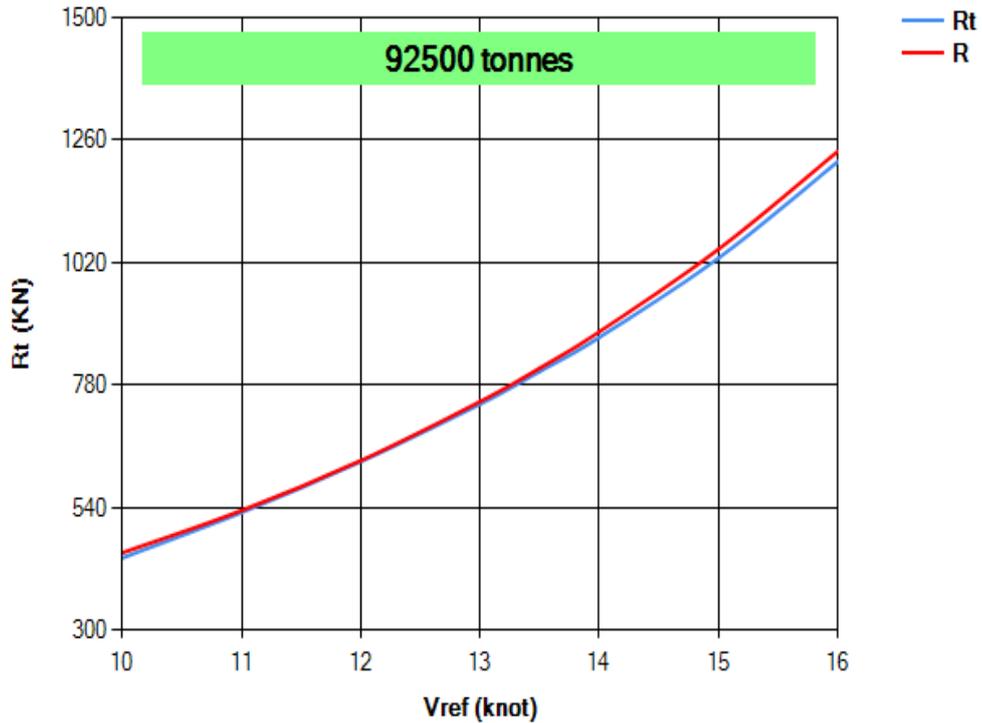
يبين الجدول (18) مقارنة بين قيم المقاومات المستنتجة باستخدام العلاقة (1) مع قيم المقاومات المأخوذة من

قاعدة البيانات:

الجدول (18) مقارنة بين قيم المقاومات المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 92500T وقيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة

مقدار الانزياح	RT	R	V
2.39%	441.87	452.4217132	10
0.78%	531.07	535.2330278	11
0.43%	630.51	633.2021335	12
0.79%	743.21	749.1035138	13
1.93%	807.27	814.7822636	13.5
1.38%	874.11	886.2194941	14
1.82%	1029.68	1048.433197	15
1.79%	1218.53	1240.338512	16

نرسم المنحني البياني لقيم المقاومات المحسوبة بالنسبة للسرعة و نفازنه مع المنحني لقيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات بالنسبة للسرعة كما هو مبين في الشكل (5) :



الشكل (5) مقارنة بين المنحنيين البيانيين للمقاومة الكلية المحسوبة R و المأخوذة من قاعدة البيانات Rt لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 92500 T بالنسبة للسرعة

من خلال المقارنة بين قيم كل من R و Rt نلاحظ أن مقدار الانحراف قليل ومقبول.

## 6- معايرة نتائج الطريقة المعتمدة:

## 6-1- تحديد مقاومة سفن بضائع صب تتراوح حمولاتها ضمن مجال حمولات السفن المدروسة:

لتحديد مقاومة سفينة ناقلة بضائع صب تتراوح حمولاتها ما بين 82000T و 115000T سيتم استخدام الاستيفاء الخطي لقيم  $a$  و  $b$  الوسطية المحسوبة ضمن العلاقات التقريبية المستنتجة لتحديد المقاومة. وللتحقق من صحة هذه الفرضية سيتم حساب قيم المقاومة الكلية لسفينة bulk carriers حمولتها 87000T عن طريق الاستيفاء الخطي لقيم  $a$  و  $b$  الوسطية من العلاقاتين التقريبيتين (10) و (12) ومن ثم مقارنة النتائج التي تم التوصل إليها عن طريق الاستيفاء الخطي مع النتائج التي تم التوصل إليها عن طريق استخدام العلاقة (11).

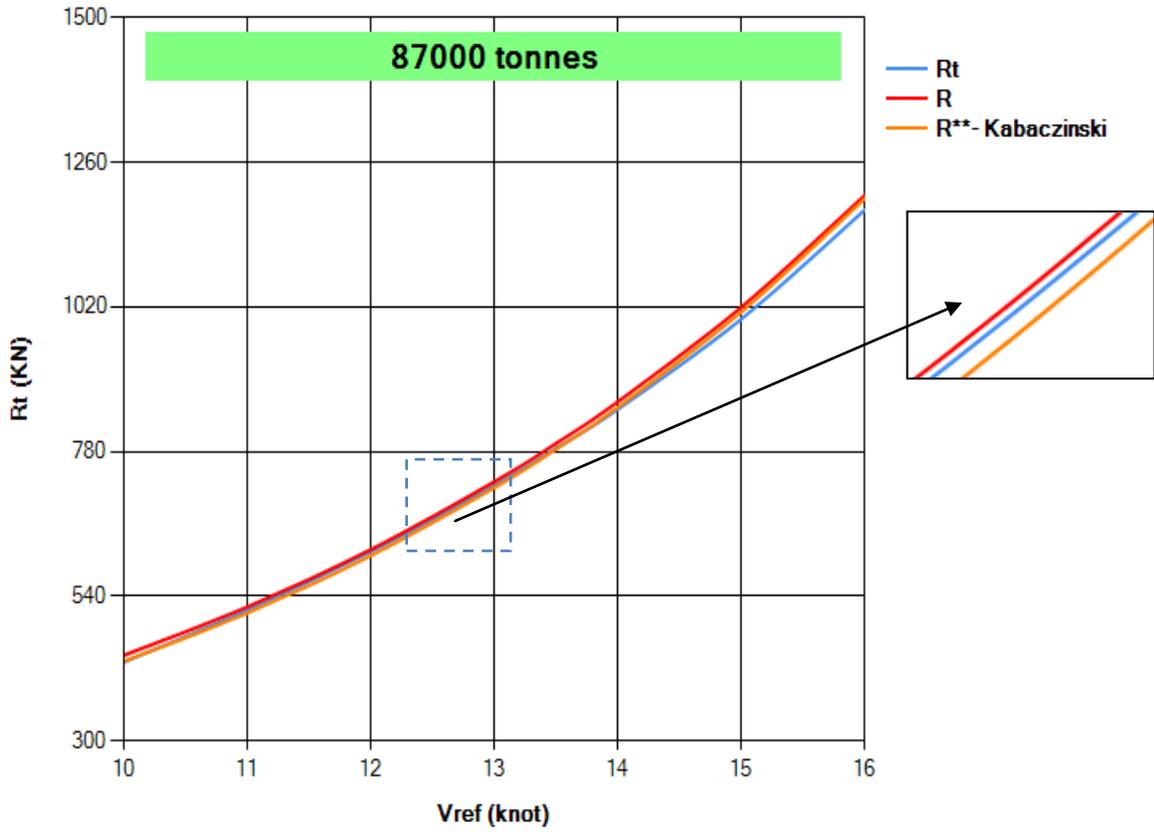
يبين الجدول (19) مقارنة بين قيم المقاومة  $R^*$  المحسوبة عن طريق الاستيفاء الخطي لقيم  $a$  و  $b$  وقيم المقاومات  $R$  المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000T مع قيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات  $R_t$  :

الجدول (19) مقارنة بين قيم المقاومة المحسوبة عن طريق الاستيفاء الخطي لقيم  $a, b$  و قيم المقاومات  $R^*$  المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000T وقيم المقاومة المأخوذة من قاعدة البيانات  $R_t$  بالنسبة للسرعة

RT	R	R*	V
430.99	442.4035	432.5349	10
517.81	522.8057	512.6857	11
614.47	617.8201	607.6889	12
723.92	730.1024	720.2966	13
785.81	793.6786	784.1992	13.5
850.37	862.7909	853.771	14
1000	1019.594	1011.979	15
1180.87	1204.895	1199.504	16

نرسم المنحنيات البيانية لقيم كل من المقاومات  $R^*$  ،  $R$  ،  $R_t$  بالنسبة للسرعة ونقارن بينها كما هو مبين في

الشكل (6) :



الشكل (6) المنحنيات البيانية لقيم كل من المقاومات  $R_t$  ،  $R$  ،  $R^*$  بالنسبة للسرعة

يتبين من خلال المقارنة بين قيم كل من  $R_t$  ،  $R$  ،  $R^*$  أن مقدار الانحراف صغير ومقبول، حيث يبين الشكل تطابق قيم المقاومة المحسوبة بالاستيفاء الخطي  $R^*$  مع القيم المرجعية  $R_t$  وأن نسبة الخطأ بينهما لا تتجاوز 0.1% ، كما نلاحظ من المخطط بأن قيم المقاومة  $R$  المحسوبة من العلاقة تتطابق بشكل مقبول مع القيم التي حصلنا عليها بالاستيفاء الخطي  $R^*$ .

وبالتالي يمكن تعميم هذه الطريقة لحساب المقاومة الكلية لأي سفينة ناقلة بضائع صب bulk carriers قيمة حمولتها ضمن المجال [82000 : 115000] بدلالة سرعة السفينة أثناء الخدمة عن طريق استخدام الاستيفاء الخطي لقيم  $a$  و  $b$  الوسطية المحسوبة ضمن العلاقات التقريبية المستنتجة.

## 2-6- مقارنة نتائج الطريقة المعتمدة مع نتائج طريقة Kabaczinski التقريبية العالمية:

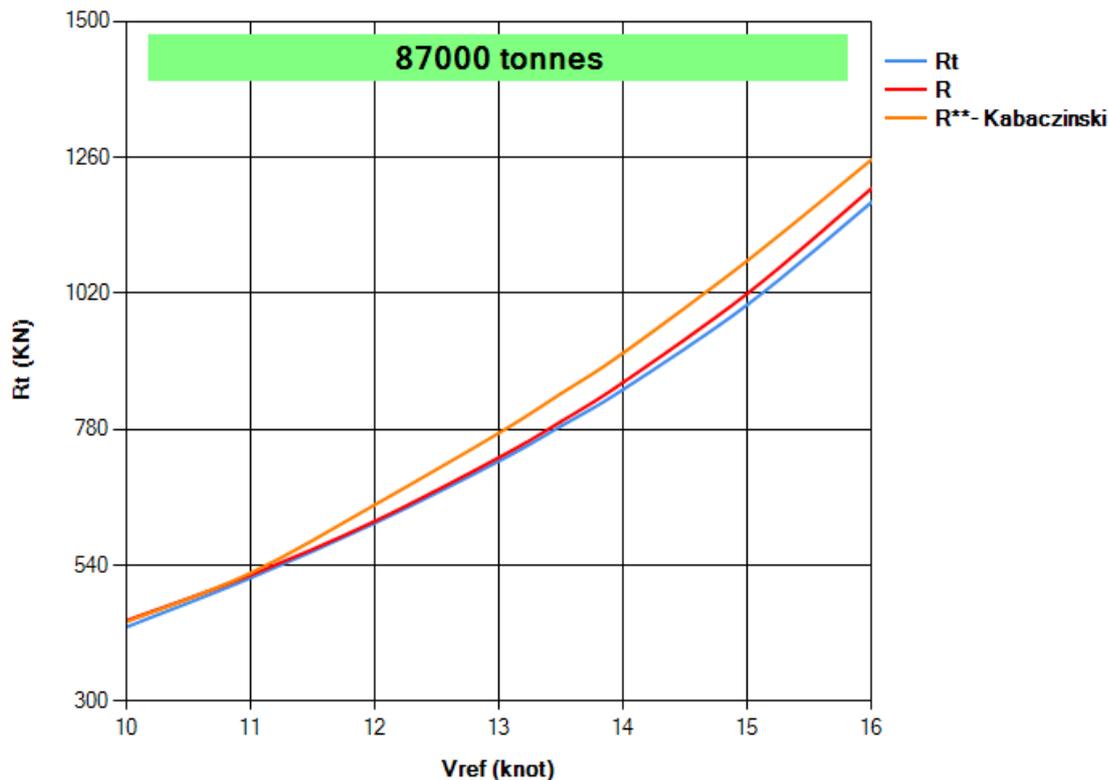
اعتماداً على طريقة Kabaczinski [1] سيتم حساب المقاومة الكلية للسفينة 87000T لكون مجالات استخدامها تتوافق مع معطيات السفينة المدروسة، ومقارنة نتائج هذه الطريقة مع الطريقة المعتمدة في هذه الدراسة . يبين الجدول (20) مقارنة بين قيم المقاومة  $R^{**}$  المحسوبة باستخدام طريقة Kabaczinski و قيم المقاومة  $R$  المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000T مع قيم المقاومات الموجودة في قاعدة البيانات  $R_t$  :

الجدول (20) مقارنة ما بين قيم المقاومة  $R^{**}$  المحسوبة باستخدام طريقة Kabaczinski مع قيم المقاومة  $R$  المحسوبة وفق العلاقة المستنتجة لسفينة bulk carriers ذات الحمولة 87000T و قيم المقاومات المأخوذة من قاعدة البيانات  $R_t$  بالنسبة للسرعة

RT	R	$R^{**}$ - Kabaczinski	V
430.99	442.4035	440.3361767	10
517.81	522.8057	526.4592424	11
614.47	617.8201	646.7578906	12
723.92	730.1024	773.6330784	13
785.81	793.6786	843.2313776	13.5
850.37	862.7909	914.8145676	14
1000	1019.594	1077.890719	15
1180.87	1204.895	1255.946126	16

نرسم المنحنيات البيانية لقيم كل من المقاومات  $R_t$  ،  $R$  ،  $R^{**}$  بالنسبة للسرعة ونقارن بينها كما هو مبين في

الشكل (7) :



الشكل (7) المنحنيات البيانية لقيم كل من المقاومات  $R_t$  ،  $R$  ،  $R^{**}$  بالنسبة للسرعة

يتبين من خلال المقارنة بين قيم كل من  $R_t$  ،  $R$  ،  $R^{**}$  أن مقدار الانحراف صغير ومقبول، حيث يبين المخطط أن قيم المقاومة  $R^{**}$  المحسوبة وفق طريقة Kabaczinski تقترب من القيم المرجعية  $R_t$ ، ومن قيم المقاومة  $R$  المحسوبة من العلاقة المعتمدة.

### الاستنتاجات والتوصيات:

1- يمكن تمثيل العلاقة العامة للمقاومة الكلية للسفينة بشكل تابع أسّي نيبري، تعتمد قيمة الأس فيه على السرعة المرجعية للسفينة المدروسة وتأخذ المعادلة الشكل العام التالي:

$$R_t \approx a_m \cdot e^{b m \cdot V_{ref}}$$

2- يمكن وبتقريب مقبول جداً وباستخدام الاستيفاء الخطي لقيم  $a$  و  $b$  الوسطية المحسوبة ضمن العلاقات التقريبية المستنتجة لتحديد المقاومة، حساب قيمة المقاومة لأي سفينة ناقلة بضائع صب تتراوح حمولتها ما بين [82000 : 115000]، وبالتالي يمكن تعميم هذه الطريقة على كافة ناقلات بضائع الصب التي تتراوح حمولاتها ضمن المجال المذكور.

3- تم استخدام عدة طرق تقريبية عالمية لحساب المقاومة للمقارنة مع النتائج التي تم التوصل إليها، وتم اعتماد نتائج طريقة Kabaczinski لكون مجالات استخدامها تتوافق مع معطيات السفن المدروسة.

4- لم تنطبق هذه الدراسة إلى حساب المقاومة الكلية الخاصة بناقلات بضائع الصب ذات حمولات خارج نطاق المجال [82000 : 115000]، وبالتالي لا يمكن الجزم بإمكانية تعميمها لسفن ناقلات بضائع الصب الواقعة خارج حدود هذا المجال .

### المراجع:

- [1] بريهان، م. ي. هيدروديناميك السفن/1، الطبعة الأولى، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية لدى جامعة تشرين، سوريا، 2008، 558.
- [2] Panama Canal Authority (ACP), *Panama Canal Traffic by Market Segment*, 2015,202.
- [3] STOTT, P., W., WRIGHT, P N H, *Opportunities for Improved Efficiency and Reduced CO2 Emissions in Dry Bulk Shipping Stemming from the Relaxation of the Panamax Beam Constraint*, 2<sup>nd</sup>.ed, Newcastle Upon Tyne, UK, 2014, 229.
- [4] METAXAS, A., *An Investigation into the Influence of the New Panama Canal Constraints on the Energy Efficiency of Panamax Bulk Carriers*, 2<sup>nd</sup>.ed, Newcastle, UK, 2011, 88.
- [5] OSBOURNE, M., *Design Constraints Limit Options for Compliance*, 3<sup>ed</sup>.ed, Newcastle, UK, 2012, 104.
- [6] WATSON, D., *Practical Ship Design*, 2<sup>nd</sup>.ed , Elsevier, 1998, 97.